

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Justus Liebig Universität Gießen

Direktor: Professor Dr. Dr. h. c. E. v. Boguslawski

und dem Institut für Biochemie des Bodens
der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig

Direktor: Professor Dr. W. Flaig

**Untersuchungen zur Stoffdynamik in Ackerböden
in Abhängigkeit von verschiedener organischer
Düngung und Stickstoffdüngung**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
im Fachbereich „Angewandte Biologie“
der Justus Liebig Universität Gießen

Eingereicht von

Dipl.Ing.agr. Behrouz Sadat-Dastegheibi
geboren in Zahedan/Iran

Gießen 1974



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546402_0036

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Justus Liebig Universität Gießen

Direktor: Professor Dr. Dr. h. c. E. v. Boguslawski

und dem Institut für Biochemie des Bodens
der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig

Direktor: Professor Dr. W. Flaig

**Untersuchungen zur Stoffdynamik in Ackerböden
in Abhängigkeit von verschiedener organischer
Düngung und Stickstoffdüngung**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
im Fachbereich „Angewandte Biologie“
der Justus Liebig Universität Gießen

Eingereicht von
Dipl.Ing.agr. Behrouz Sadat-Dastegheibi
geboren in Zahedan/Iran

Gießen 1974



Dekan:

Prof. Dr. W. Schuster

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. Dr. h. c. E. v. Boguslawski

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. W. Flaig

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Juni 1974

Gliederung

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Literaturübersicht	3
3. Material und Methoden	13
3.1. Versuchs- und Standortbeschreibung	13
3.2. Pflegemaßnahmen und phänologische Daten	13
3.3. Probeentnahme und Probenvorbereitung	20
3.4. Methodik	23
3.4.1 Chemische Analysen zur Charakterisierung der Huminstoffsysteme	23
3.4.2 Biologische Untersuchungen	26
3.4.3 Physikalische Untersuchungen	26
3.4.4 Ertragsbestimmung	27
4. Auswertung der Messwerte	28
4.1 Die Verarbeitung der Analysendaten	28
4.2 Ergebnisse der chemischen Analysen von Huminstoff- systemen	36
4.2.1 Kohlenstoffgehalt des Bodens	36
4.2.2 Stickstoffgehalt des Bodens	44
4.2.3 Das C/N-Verhältnis im Boden	44
4.2.4 Pyrophosphat-Natronlaugeextrakt (PNE)	50
4.2.4.1 Kohlenstoffgehalt des Pyrophosphat- Natronlaugeextraktes	51
4.2.4.2 Stickstoffgehalt des Pyrophosphat- Natronlaugeextraktes	56
4.2.4.3 Das C/N-Verhältnis im Pyrophosphat- Natronlaugeextrakt	60
4.2.4.4 Extinktion und die spezifische Extinktion des Pyrophosphat- Natronlaugeextraktes	62
4.2.4.5 Extinktionsquotienten (EQ) des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes	67

4.2.5	Huminsäurefraktion (HSF)	80
4.2.5.1	Kohlenstoffgehalt der Huminsäurefraktion	80
4.2.5.2	Stickstoffgehalt der Huminsäurefraktion	86
4.2.5.3	Das C/N-Verhältnis in der Huminsäurefraktion	91
4.2.5.4	Extinktion und die spezifische Extinktion der Huminsäurefraktion	92
4.2.5.5	Extinktionsquotienten (EQ) der Huminsäurefraktion	98
4.2.6	Natronlaugeextrakt (NLE)	109
4.2.7	Fulvosäurefraktion (FSF)	122
4.2.8	Stickstofffraktionierung	125
4.2.8.1	Gesamtstickstoff im Hydrolysat	126
4.2.8.2	"Amid"-Stickstoff	130
4.2.8.3	Hexosamin-Stickstoff	134
4.2.8.4	α -Amino-Stickstoff	135
4.2.9	Kohlenhydrat des Bodens	138
4.3	Ergebnisse der biologischen Untersuchungen	141
4.3.1	Dehydrogenaseaktivität	141
4.3.2	CO ₂ -Produktion	147
4.4	Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen	150
4.4.1	Krümelstabilität	150
4.4.2	Bodentemperatur	153
4.5	Ertrag	155
4.6	Vergleich verschiedener Vorbehandlungen der Bodenproben	159
5.	Diskussion	163
6.	Zusammenfassung	180
7.	Literatur	184

1. Einleitung und Problemstellung

Zur Steigerung der Rentabilität landwirtschaftlicher Betriebe und zur Anpassung an den Gewinnzuwachs der Industrie werden heute extensive Betriebszweige bevorzugt. Arbeitsaufwendige Früchte werden weniger angebaut, und daher nimmt der Anteil des vollmechanisierten Getreideanbaus zu (von 54,8% im Jahre 1951 auf 70,1% im Jahre 1972, Statist. J.B. 1973). Die Zahl der Betriebe, die gleichzeitig Ackerbau und Viehzucht betreiben, wird fortlaufend geringer. In den vieharmen und viehlosen Betrieben nimmt die Versorgung der Böden mit Stallmist ab und bei dem gleichzeitigen Anstieg der Getreideanbaufläche wird das anfallende Stroh zu einem Problem.

Die Verwertung des Strohs zur organischen Düngung des Bodens und dessen Einfluß auf die Ertragsbildung und den Humusgehalt im Boden bei Wegfall der Stallmistdüngung wurde deshalb im letzten Jahrzehnt in einer Reihe von Untersuchungen aufgegriffen. (v. BOGUSLAWSKI, 1964, 1965; FLAIG 1962, 1968; SÖCHTIG 1961; DEBRUCK 1964, 1965, 1969). v. BOGUSLAWSKI (1964) vertritt die Auffassung, daß eine direkte Verwertung des Strohs auf dem Acker in Form einer "Strohdüngung" möglich ist, wenn die Nebenwirkungen beachtet werden und das Verfahren sachgerecht durchgeführt wird. Eine Kombination von Stroh- und Gründüngung in der Fruchtfolge bewirkt nach v. BOGUSLAWSKI et al. (1972) eine Beschleunigung der Rotte des Strohs und eine Steigerung des Ertrages um 5 - 7%.

Welche Änderungen im Boden durch die Zufuhr organischer Stoffe wie Stroh- oder Gründüngung allein bzw. in Kombination ausgelöst werden, ist noch nicht geklärt. Auch ist die Frage, wie sich die zugeführten organischen Stoffe im Laufe des Jahres verändern und welche direkten und indirekten Beziehungen zur Menge und Qualität des Humus und der Bodenfruchtbarkeit bestehen, noch nicht beantwortet.

Es sollen deshalb im Laufe eines Jahres ablaufende Prozesse erfaßt werden, wozu in regelmäßigen Abständen physikalische, chemische und mikrobiologische Untersuchungen durchgeführt werden. Zu diesen Untersuchungen wird ein seit 1962 auf dem Versuchsgut Rauisch-Holzhausen laufender Stroh-Gründüngungsversuch herangezogen. Aufgrund dieser langjährigen, gleichmäßigen Be-

⁺ Nummerierung nach der Gliederung

handlung müßte es möglich sein, mit geeigneten Methoden die eingetretenen Unterschiede in den Bodeneigenschaften zu erfassen.

Die durch die unterschiedlichen Behandlungen eingetretenen Unterschiede und deren Änderung im Verlaufe einer Vegetationsperiode sollen in den Huminstoffsystemen verfolgt werden. Derartige Vielstoffsysteme können nicht durch einen einzigen Parameter charakterisiert werden, sondern nur durch eine sich ergänzende und dem verfolgten Ziel angepaßte Kombination von Parametern. Die Auswertung einer derartigen Untersuchung ist dementsprechend auch nur mit Hilfe statistischer Methoden möglich. Nur die statistische Auswertung derartiger Versuche erlaubt es, Angaben über den Grad der Sicherheit der Aussagen zu machen.

2. Literaturübersicht

Allgemeines über Humus

Den organischen Stoffen des Bodens wird eine vielseitige Bedeutung für den Ablauf der Bodenbildung und für die Bodenfruchtbarkeit beigemessen. Die Definition und die Charakterisierung der organischen Stoffe im Boden wurden zwar im Laufe der letzten zwei Jahrhunderte weiterentwickelt, es ist aber bis jetzt noch nicht gelungen, den Begriff "Humus" so zu beschreiben, daß die Definition allgemein anerkannt wird.

Schon WALLERIUS (1761) weist in seinem Handbuch der Agrikulturchemie auf die Bildung von Humus bei der Zersetzung von Pflanzen und auf verschiedene Eigenschaften des Humus hin, z.B. seine Wasserhaltefähigkeit und die Sorption von Nährstoffen. Er selbst betrachtet den Humus als einen Nährstoff der Pflanzen. KOMOW (1789) beschreibt in seinem Buch "Über den Ackerbau" die Bedeutung des Humus für die Fruchtbarkeit, physikalische Eigenschaften und für den Nährstoffreichtum des Bodens. Der erste Wissenschaftler, der Humusstoffe aus Torf mit alkalischer Lösung extrahierte und durch Ansäuern der Auszüge mit Alkali einen Teil der Humusstoffe als dunkle, amorphe Niederschläge ausfällte, war ARCHARD im Jahre 1886.

Auf der Basis der Vorstellungen von WALLERIUS stellte ALBRECHT von THAER (1809 - 1812) die Humustheorie der Pflanzenernährung auf, in der er darauf hinweist, daß die Fruchtbarkeit der Böden im wesentlichen von deren Humusvorrat abhängt und der Humus die einzige und unmittelbare Quelle für die Ernährung der Pflanzen sei. Aufgrund fehlender Kenntnisse über die Beteiligung der Mikroorganismen wurde Ende des 18. und Anfang des 19. Jahrhunderts die Vorstellung vertreten, daß die Humusstoffe vorwiegend durch rein chemische Reaktion gebildet würden.

Die ersten systematischen Untersuchungen an Humusstoffen wurden von SPRENGEL (1826 - 1837) durchgeführt. Er bestimmte den Kohlenstoffgehalt der Huminsäuren quantitativ und beschrieb ihre sauren Eigenschaften und die negative Ladung sowie ihre Fähigkeit, mit Basen Humate zu bilden. Gleichzeitig aber führte SPRENGEL zahlreiche Arbeiten über die anorganische Ernährung der Pflanzen

durch und war der erste, der das Gesetz vom Minimum definierte.

Nachdem durch LIEBIG (1840) die Mineraltheorie der Ernährung der Pflanze veröffentlicht worden war, verlor die Humustheorie an Bedeutung und die Arbeiten über den Boden als Standort der Pflanzen und die Untersuchungen über seine Bedeutung für die pflanzliche Produktion konzentrierten sich in der Folgezeit auf die Mineralstoffe. Die Untersuchungen über die organische Substanz des Bodens stagnierten für einige Zeit.

Die bei der Untersuchung des Humus erhaltenen Stofffraktionen wurden als chemisch einheitliche Verbindungen betrachtet und demzufolge mit Namen belegt. So nannte BERZELIUS (1806 - 1839) die neben den dunkel gefärbten Huminsäuren aus einem Boden extrahierten Stoffe von hellgelber Farbe Kren- und Apokrensäure. Er unterschied aufgrund seiner Arbeiten (KONONOWA 1958):

1. Huminsäuren, die sich in Lauge lösen,
2. Humine, die in Laugen unlöslichen Anteile als die indifferente Form der Huminsäuren und
3. die Kren- und Apokrensäure.

Eine weitere Richtung war die Herstellung synthetischer humusähnlicher Verbindungen durch verschiedene Forscher. Die jeweils synthetisierten, humusähnlichen Stoffe wurden aufgrund fehlender bzw. unzureichender Charakterisierungsmöglichkeiten als identisch mit den natürlichen Humusstoffen betrachtet. Weiterhin herrschte die allgemeine Ansicht vor, daß es sich bei den Humusstoffen um chemisch einheitliche Verbindungen handele. Im Laufe der Zeit erhöhte sich die Zahl der Humusstoffe, da jeder die von ihm erhaltenen Stofffraktionen mit einem neuen Namen und zum Teil mit einer eigenen chemischen Formel versah. So wurden z.B. beschrieben: von JONSTON⁺ die Schleimsäure, von THENARD⁺ die Fumarsäure, von HESSE⁺ die Lignoninsäure, etwas später von HOPPE-SEYLER⁺ (1889) die Hymatomelansäure u.a.. Dies führte zu einer starken Verwirrung in den Vorstellungen über Humus.

Im Zuge der Fortschritte der Mikrobiologie wurde festgestellt, daß die Hu-

⁺KONONOWA (1958)

Humusbildung nicht nur ein chemischer oder physikalischer Prozeß, sondern hauptsächlich ein biologischer ist, bei dem in erster Linie die Tätigkeit von Mikroorganismen unter gleichzeitiger Mitwirkung der Bodentiere die Humusbildung abläuft. Der erste Forscher, der die Beteiligung der von Bakterien synthetisierten Produkte an der Bildung stickstoffhaltiger Rotte-
stoffe zeigt, war KOSTYTSCHEW (1889). Diese Arbeiten und Ansichten wurden später von WAKSMAN (1931, 1936) weiter ausgearbeitet und vor allem seine Vorstellungen der Huminstoffe als "Lignin-Protein-Komplex" herausgestellt.

In einer völlig anderen Richtung arbeiten SCHREINER und SHORY (1910). Es gelang ihnen, durch systematische Untersuchungen verschiedene chemisch einheitliche Verbindungen aus dem Humus zu isolieren, wie Kohlenwasserstoffe, Sterine, Fette, organische Säuren, Kohlenhydrate, organische phosphor- und stickstoffhaltige Verbindungen.

TRUSSOW(1916), der die Existenz der Humusstoffe als eine Gruppe von spezifischen Verbindungen bezweifelte, vertrat als erster die Meinung, daß verschiedene Pflanzenstoffe als Humusquelle dienen können. Die Mikroorganismen nehmen zuerst die leicht verwertbaren Anteile der Pflanzen wie Cellulose, Mono- und Disaccharide, Glukoside u.a. auf, die nach ihrer Umwandlung in den Mikroorganismen als Ausgangsmaterial für die Bildung von Humusstoffen auftreten, während der andere schwerer verwertbare Teil der Pflanzen wie Lignin, Gerbstoffe, Eiweißstoffe u.a. direkt als Ausgangsmaterial für die Humusstoffe dienen.

ODEN (1919) unterteilte die Humusstoffe in vier Gruppen: Humuskohle, Huminsäure, Hymatomelansäure und Fulvosäure. Er definierte die Humuskohle als den Anteil der Humusstoffe, der in Wasser, Alkohol und Alkalien unlöslich ist. Die Humuskohle hat eine schwarze Farbe. Die Huminsäuren wurden als Verbindungen mit einem Kohlenstoffgehalt von 58 %, die Hymatomelansäuren mit einem solchen von 62 % definiert. ODEN war der Meinung, daß Humuskohle und Fulvosäuren grobe Komplexe, die Huminsäuren und Hymatomelansäuren aber chemisch einheitliche Verbindungen seien.

KONONOWA faßte 1958 die wichtigsten Punkte der Veröffentlichungen bis 1920

wie folgt zusammen:

1. Die Untersuchungen über die Natur und die Eigenschaften der Rottestoffe haben die Existenz des Humus als natürliche Bildung im Boden bewiesen.
2. Es wurde bewiesen, daß die verschiedenen Pflanzenstoffe als Ausgangsmaterial für die komplizierten chemischen Umwandlungen im Boden dienen können.
3. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, daß Huminstoffe Produkte eines zweiphasigen Prozesses sind:
 - a) der Zersetzung der pflanzlichen Ausgangstoffe bis zu einfachen Verbindungen und
 - b) einer anschließenden Synthese bis zu den komplizierten Humusstoffen, wobei Huminsäuren als Kondensationsprodukte aromatischer Verbindungen mit stickstoffhaltigen organischen Substanzen angenommen werden.
4. Es deutet sich an, daß die Enzyme der Mikroorganismen, insbesondere die Oxyenzyme, nicht nur in der ersten Phase, der Zersetzung, sondern auch in der zweiten Phase, der Synthese, beteiligt sind.

In den letzten Jahrzehnten sind eine Vielzahl von Arbeiten über Humus erschienen, die das Problem "Humus" von den verschiedensten Seiten her aufgegriffen und damit nicht zu einer einheitlichen Definition des Begriffs führen konnten. Nach MITTSCHERLICH (1950) werden unter "Humus" alle organischen Substanzen im Boden zusammengefaßt, gleichgültig, welchen Ursprungs sie sind und wie weit ihre Zersetzung und Auflösung bereits erfolgt ist. KUBIENA (1948) als Bodengenetiker ist der Meinung, daß nur der Anteil der organischen Stoffe im Boden, der sich durch seine geringe Zersetzungsgeschwindigkeit charakteristisch anhäuft, als Humus bezeichnet werden kann. Nach dem Forstbodenkundler WITTICH (1952) wird der Begriff Humus abgegrenzt als die Summe aller organischer Substanzen des Bodens mit Ausnahme der frischen "Streu". Er bezeichnet darüber hinaus als echte Humusstoffe nur den Teil des Humus, der bei günstigen bodenkundlichen Bedingungen auch in einem biologisch tätigen

Boden verhältnismäßig widerstandsfähig gegen mikrobiellen Abbau ist und sich dadurch anreichert. SCHEFFER et al. (1960) und LIBEROTH (1968) bezeichnen übereinstimmend den Humus als "die im oder auf dem Boden befindliche abgestorbene Pflanzen- oder Tiersubstanz, die einem stetigen Abbau-, Umbau- und Aufbauprozeß unterworfen ist, das heißt, daß unter Humus nur die post-mortale organische Substanz verstanden wird."

Diese Definition wird von SALFELD (1973) als nicht zutreffend für eine chemische Unterteilung abgelehnt, da zwischen toter und lebender Substanz im Boden kein chemischer Unterschied besteht. Aus diesem Grunde definiert SALFELD wie folgt: Der Gesamtkomplex der organischen Stoffe im Boden oder ein chemisch ähnliches System organischer Verbindungen wird als "Huminstoffsystem" bezeichnet. Fraktionen von Huminstoffsystemen, wie z.B. Fulvosäurefraktionen, Huminsäurefraktionen, aber auch alle anderen Fraktionen, wie sie z.B. bei der Gelfiltration erhalten werden, werden ebenfalls als "Huminstoffsysteme" bezeichnet. Ein gemeinsames Charakteristikum aller Huminstoffsysteme ist das unspezifische Absorptionsspektrum der Lösungen im UV- und Sichtbarbereich mit seiner nahezu monotonen Abnahme der Extinktion mit zunehmender Wellenlänge.

Schon seit ODEN (1922) werden an Huminstoffen kolorimetrische Messungen durchgeführt. ODEN war der Meinung, daß die kolorimetrische Messung an Huminstoffen als Methode zur Bestimmung des Humifizierungsgrades der organischen Substanz herangezogen werden könne, wobei die Dunkelfärbung mit fortschreitender Humifizierung zunehme. Er fand, daß die Spektren verschiedener Huminstoffe im sichtbaren Bereich einen ähnlichen Verlauf zeigen und nahm daher an, daß die Extinktionen bei einer bestimmten Wellenlänge als Maß für den Humifizierungsgrad gelten können, nicht aber für Konzentrationsbestimmungen.

SPRINGER (1937), FRÖMEL (1938, 1942) und HOCK (1938) untersuchten die optischen Eigenschaften von Huminstoffen und stellten fest, daß die logarithmisch aufgetragenen Spektren von Huminsäuren annähernd linear verlaufen und die Steigung und die Extinktionskoeffizienten bei einer bestimmten Wellenlänge ein Charakteristikum der Huminsäuren verschiedener Herkunft darstellen.

Mit abnehmender Steigung ist im allgemeinen eine Zunahme der Extinktionskoeffizienten zu beobachten. Huminsäuren, deren Spektren höhere Extinktionskoeffizienten und geringere Steigung haben, wird ein höherer Humifizierungsgrad zugeschrieben.

KUMADA (1955) beschreibt den Humifizierungsprozeß als erste Phase des Inkohlungsprozesses organischer Substanz im Boden, die von einer Änderung des Farbtons von gelb über rotbraun und dunkelbraun bis schwarz begleitet wird.

KONONOWA (1963) führt die optischen Eigenschaften, insbesondere die optische Dichte der Huminstoffe, auf ihren chemischen Aufbau zurück. Bei Vorliegen konjugierter Doppelbindungen in organischen Stoffen soll die optische Dichte diesem Gehalt direkt proportional sein. Damit entspräche die optische Dichte alkalischer Huminsäurelösungen bei gleichem Kohlenstoffgehalt dem Verhältnis des aromatischen Kohlenstoffsystems zu dem der aliphatischen Kohlenstoffseitenketten. Vergleichende Untersuchungen über den chemischen Aufbau und die optischen Eigenschaften von Huminsäuren verschiedener Herkunft zeigten, daß in chemischer Hinsicht "jüngere" Huminsäuren eine geringere optische Dichte aufweisen als "reifere" Vertreter dieser Stoffgruppe. Somit schließt die Autorin, daß bei den "reifere" Huminsäuren kondensierte aromatische Kerne, bei den "jüngeren" Vertretern dagegen die aliphatischen Seitenketten überwiegen. SALFELD (1965) stellt nach genauer Untersuchung der Spektren von Huminstoffen verschiedener Herkunft fest, daß sie der Erfassung der wirklichen Verhältnisse in der Natur durch die heutige Methodik nicht gerecht wird. Er faßt die Ergebnisse seiner Untersuchungen über die Charakterisierung von Huminsäuren folgendermaßen zusammen:

"Angesichts der vorliegenden Befunde erscheint es sinnvoller und für die weiteren Untersuchungen auch fruchtbarer, die verschiedenen Huminstoffkomplexe, wie sie in der Natur vorliegen, nicht als homologe Glieder einer einheitlichen Reihe aufzufassen, sondern als analoge Gebilde, die zwar nach ähnlichen Gesetzen aufgebaut sind, aber eine von den jeweiligen Bedingungen abhängende individuelle Humifizierungsreihe darstellen. Dabei hängt es weitgehend vom Stand der experimentellen Technik ab, wieweit die

vorliegenden Huminstoffkomplexe einer gleichen oder verschiedenen Humifizierungsreihen zugeordnet werden können."

Stoffdynamik in Ackerböden

Die Entwicklung der Humusstoffe in Ackerböden wird durch die ackerbaulichen Maßnahmen stark beeinflusst. Wurzelmassen, Stoppelreste und Bestandsabfälle wechseln mit den verschiedenen angebauten Früchten. Die Ermittlung der Wurzelentwicklung und damit der Wurzelmasse zu einem bestimmten Zeitpunkt im Boden ist mit einem hohen Unsicherheitsfaktor verbunden. Da neben den tatsächlichen Unterschieden in der Entwicklung der Wurzeln unter den verschiedenen Wachstumsbedingungen auch methodische Mängel vorliegen, ist eine verlustfreie Erfassung der Wurzeln kaum möglich. Hierfür spielen verschiedene Faktoren, wie der Ton- und der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens eine Rolle, aber auch die Größe der entnommenen Proben und der Zeitpunkt der Probenahme.

Neben den Wurzeln der Kulturpflanzen tragen auch die der Unkräuter zur Anlieferung organischer Substanzen bei. So fand VETTER (1952), daß im Boden etwa 300 kg Rückstände von Unkrautwurzeln pro ha und rund 700 kg Rückstände der Vorfrucht pro ha, die aber nicht genannt ist, vorliegen. SAUERLANDT et al. (1953) stellte nach einer Brache eine Abnahme der Unkrautwurzeln und der Vorfruchtrückstände von 1100 kg pro ha auf 600 kg pro ha im Laufe einer Vegetationsperiode fest. Obwohl die Werte beider Autoren mit beträchtlichen Fehlern behaftet sind, liegen sie in einer Größenordnung. Der Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff im Boden hat nach SAUERLANDT et al. (1953) unter Pflanzenbewuchs (Weizen) im Mittel um 1,49 mg C/g Boden mit einem Streubereich von 0,65 bis 2,28 mg C/g Boden zugenommen. Auf einen Hektar und 28 cm Bodentiefe umgerechnet ergeben sich damit Werte von 2400 bis 9100 kg Kohlenstoff. SAUERLANDT et al. (1955) fanden eine Depression des Kohlenstoffgehaltes im Boden im Monat April bei Anwendung von Stickstoffdüngern, die durch eine verstärkte Zersetzung der organischen Masse im Boden erfolgt sein muß.

SPRINGER (1960) und SAUERLANDT et al. (1961) beobachteten, daß eine organische Düngung den Gehalt an organisch gebundenem Kohlenstoff im Boden in Abhängigkeit von ihrer Zersetzbarkeit unterschiedlich beeinflusst. Daneben ist sowohl bei den leicht abbaubaren organischen Substanzen wie Gründüngung als auch bei dem schwerer zersetzlichen, ligninhaltigen Stroh die Intensität des Abbaus von den Bodenbedingungen abhängig. Nach MAEDER (1960), FLAIG et al. (1962), FLAIG (1968) und ALAA EL-DIN (1970) ist die Zersetzung organischen Materials von der Höhe der Stickstoffdüngung bzw. der verfügbaren Stickstoffmenge im Substrat, nach WAKSMAN et al. (1931) und KONONOWA (1958) von dem Feuchtigkeitsgehalt (60 - 80% sind optimal), nach BREMNER et al. (1958) und WINTER (1955) von einer ausreichenden Luftzufuhr sowie einer schwach alkalischen oder neutralen Reaktion und nach SCHEFFER (1958) aber auch von der Temperatur abhängig.

Bei 10-jähriger kontinuierlicher Strohdüngung unter Zugabe größerer Mengen mineralischen Stickstoffs stellte SPRINGER (1960) nur eine verhältnismäßig geringe Stickstoffzunahme fest. Dies weist auf höhere Stickstoffverluste unter diesen Bedingungen hin, da der Stickstoffentzug durch die Pflanzen nur unwesentlich beeinflusst war. Die Stickstoffverluste treten unter anderen Bedingungen, wenn der Stickstoff in die Humusstoffe des Bodens eingebaut wird, nicht ein. Die Kohlenstoff- und Stickstoffbilanz hängt von der Mineralisierbarkeit der organischen Substanz und dem weiteren Verbleib der Endprodukte ab. Im Gegensatz zu dem bei der Mineralisierung entstehenden Kohlendioxyd wird ein großer Teil des freiwerdenden Ammoniumstickstoffs in den sich bildenden Humusstoffen oder im Stoffwechsel von Mikroorganismen gebunden, die zu einer Verengung des C/N-Verhältnisses führen muß (CZERNEY, 1966). So beschreiben auch WITTICH (1952), HOFFMANN (1958) und FIEDLER et al. (1961), daß der prozentuale Anteil des Huminsäurestickstoffs am Gesamtstickstoff eindeutig höher liegt als der Huminsäurenkohlenstoff am Gesamtkohlenstoff.

Die Untersuchungen von v. BOGUSLAWSKI (1959) lassen folgende Aussagen über die Kohlenstoff- und Stickstoffveränderungen in Abhängigkeit von der Behandlung des Bodens und den Klimaverhältnissen zu: Eine verhältnismäßig niedrige Stickstoffdüngung hat einen geringen Stoffumsatz, eine positive Kohlenstoff- und Stickstoffbilanz sowie niedrige Erträge zur Folge. Kühle und feuchte Witterung führt zu einem geringen Umsatz, einer wechselnden Koh-

lenstoff- und Stickstoffbilanz und niedrigen Erträgen. Bei einer warmen und wechselnd feuchten Witterung und steigender Stickstoffdüngung kommt es zu steigendem Umsatz, einer negativen Bilanz sowie zu steigenden Erträgen. Der optimale Umsatz der organischen Bodensubstanz wird dann erreicht, wenn Höchsterträge mit dem kleinsten Kohlenstoff- und Stickstoffumsatz erzielt werden können.

Um die Beziehungen zwischen dem Umsatz der organischen Substanz im Boden und der Ertragsleistung zu quantifizieren, müssen die Umsetzungen unter verschiedenen Bedingungen bestimmt werden unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Ertrages.

Organische Substanz und Bodenproduktivität

In vielen Untersuchungen ist versucht worden, Beziehungen zwischen Humusqualität und -quantität und der Bodenproduktivität festzustellen (SAVAGE, 1934; GUMINSKI et al., 1953; FLAIG et al. 1962; SÖCHTIG 1964; CHAMINADE, 1965; BRAMAO et al., 1968; JENNY et al., 1968; FLAIG, 1972 a; RAMAMOORTHY et al. 1972 u.a.). Ein lohnender Ackerbau ist ohne entsprechende Zufuhr organischer Substanz auf die Dauer nicht möglich. Die Zusammenhänge sind jedoch nicht ausreichend geklärt.

Die Erhaltung des Humusvorrates in Ackerböden wird durch Ernterückstände (Stoppeln und Wurzeln), die Zufuhr organischer Dünger und den Anbau von Gründüngungspflanzen gedeckt. Die durch ständige Strohdüngung eintretende qualitative Änderung des organischen Stoffkomplexes des Bodens und die für die Erhaltung und Förderung der Bodenproduktivität entscheidende Frage des Kohlenstoff- und Stickstoffhaushaltes können nach v. BOGUSLAWSKI (1964) nur in langfristigen Versuchen geklärt werden. Aufgrund dieser Tatsache wurde zu den Untersuchungen der Stoffdynamik ein seit zehn Jahren auf dem Versuchsgut Rauisch-Holzhausen laufender Versuch herangezogen.

Die bisher über diesen Versuch vorliegenden Veröffentlichungen greifen zwar einige Fragen der Stoffdynamik des Bodens bei unterschiedlicher organischer

Düngung auf, doch das Problem als solches bleibt ungelöst. So stellt RANGE (1966) fest, daß sich trotz gleicher Versuchsanstellung die Gehalte an Gesamtkohlenstoff und Gesamtstickstoff in zwei aufeinanderfolgenden Vegetationsperioden unterschiedlich verändern. Dieser Befund läßt auf einen starken Einfluß der klimatischen Bedingungen der Jahre schließen. Damit reichen zweijährige Untersuchungen für eine exakte Aussage nicht aus, vielmehr wird eine langjährige Versuchsanstellung notwendig.

DEBRUCK (1970) schließt sich dieser Meinung an, da eine Klärung der kausalen Zusammenhänge zwischen organischer Düngung, ihrem Abbau und dem daraus resultierenden Einfluß auf die Ertragsbildung sowie der physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge im Boden für den gezielten Einsatz der Stroh-Gründungsverfahren notwendig sei. Er schließt aus seinen Untersuchungen, daß der Nachweis einer Stickstoff- und Kohlenstoffanreicherung des Bodens nicht ausreicht, da diese Werte große Unterschiede aufweisen, die sich im Größenordnungsbereich einer Düngergabe bewegen können.

ZADRAZIL (1971) folgert aus seinen zweijährigen, mehr in biologischer und physikalischer Richtung durchgeführten Untersuchungen, daß zwei bis drei über das Jahr verteilte Termine der Probenentnahme nicht ausreichen, um die Dynamik der Umsetzungsprozesse im Boden zu erfassen. Daher werden in der vorliegenden Arbeit acht bis neun Probenentnahmen im Laufe der Vegetationsperiode vorgenommen.

3. Material und Methoden

3.1 Versuchs- und Standortbeschreibung

Die Böden zur Untersuchung der Stoffdynamik in Ackerböden sind Teile eines organischen Dauerdüngungsversuches, an denen auch die zitierten Untersuchungen von DEBRUCK (1964), RANGE (1966), DEBRUCK et al. (1969), DEBRUCK (1970a) und ZADRAZIL (1971) durchgeführt worden sind. Der Versuch wurde im Jahre 1962 auf dem Schlag "Sandgrenzweg (4)" des Versuchsgutes Rauisch-Holzhausen des Instituts für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus-Liebig Universität Gießen nach der Ertragsflächenmethode (v. BOGUSLAWSKI, 1942) mit vierfacher Wiederholung angelegt. Es handelt sich um einen ständigen Stroh-Gründungsversuch mit Weizen- und Gersteanbau, bei dem als Gründung in den Untersuchungsjahren 1971 und 1972 Ölrettich (*Raphanus sativus oleiferus*) angebaut wurde mit vier Stickstoffdüngungsstufen, zur Hauptfrucht.

Der Boden des Versuchsfeldes ist eine Parabraunerde mit deutlicher Tonverlagerung und ausgeprägtem B-Horizont auf verlehmtem Löss, der bis zu einer Tiefe von 1 Meter entkalkt ist.

3.2 Pflegemaßnahmen und phänologische Daten

Die Anlage des Gesamtversuches beschreiben die Abbildung 1 und die Tabelle 1.

Die organische Düngung wird jeweils nach der Ernte eingebracht. Das Stroh wird auf etwa 10 bis 15 Zentimeter gehäckselt und nach Zugabe der Stickstoff-Ausgleichsdüngung (Tabelle 4) sofort auf 10 bis 15 Zentimeter eingepflügt. Nach dem Schälen und der Saatbettherrichtung erfolgt die Bestellung der Gründungsvarianten mit Ölrettich. Die Stickstoffdüngung zur Hauptfrucht erfolgt im Frühjahr in Form von Kalkammonsalpeter.

Die Pflegemaßnahmen sind in Tabelle 2 für 1971 und Tabelle 3 für 1972 zusammengestellt.

Da die Witterung einen dominierenden Faktor für das allgemeine Ertrags- und Aktivitätsniveau sowie den chemischen Stoffumsatz im Boden darstellt, werden in Abbildung 2 und im Anhang 1 die Temperatur- und Niederschlagswerte für die beiden Untersuchungsjahre angegeben,

Die mittlere Temperatur ist sowohl im Jahre 1971 als auch im Jahre 1972 niedriger als das langjährige Mittel. Die Differenz beträgt für das erste Untersuchungsjahr $0,9^{\circ}\text{C}$ und für das zweite Untersuchungsjahr $1,6^{\circ}\text{C}$. Das langjährige Mittel der Temperaturen beträgt für die Vegetationsmonate März bis Oktober $11,7^{\circ}\text{C}$, die mittlere Temperatur im Jahre 1971 ist dagegen $10,45^{\circ}\text{C}$ und im Jahre 1972 nur $9,75^{\circ}\text{C}$. Das Temperaturdefizit beruht im Jahr 1972 auf einer niedrigeren Temperatur in den Monaten April bis Juni sowie September und Oktober.

Die Niederschlagssumme weist für das Jahr 1971 ein beträchtliches Defizit (etwa 120 mm) zu der Niederschlagssumme des Jahres 1972 und dem langjährigen Mittel auf. Während der Vegetationsmonate beträgt der gesamte Niederschlag $1971 = 389,3\text{ mm}$, $1972 = 517,5\text{ mm}$ und das langjährige Mittel 460 mm. Die geringere Niederschlagssumme im Jahr 1971 beruht insbesondere auf den trockenen Monaten März und Juli bis September.

Aus den acht organischen Düngungsvarianten des Dauerversuchs wurden fünf Varianten zur Probenentnahme ausgewählt. Sie sind in Tabelle 4 in der Reihenfolge aufgeführt, in der sie auch in den Tabellen und graphischen Darstellungen aufgelistet sind.

Abb. 1: Anlage (Ertragsflächenmethode) des Versuches "Ständiger Weizen-Gerstenanbau" in Stroh-Gründüngung

Rauisch-Holzhausen "Sandgranzweg (4)"

Stroh/Grundlängg.		Stroh/Grundlängg.	
1961 Zuckererbsen	-	1967 Sommergerste	+
1962 Sommergerste	-	1968 Sommerweizen	+
1963 Winterweizen	+	1969 Sommergerste	+
1964 Sommerweizen	+	1970 Winterweizen	+
1965 Sommergerste	+	1971 Sommergerste	+
1966 Winterweizen	+	1972 Winterweizen	+

Wiederholung c										d	
Z ₃	Z ₀	Wiederholung	a	8	4	16	20	12	N ₀	N ₃	b
Z ₃	Z ₂	Stoppel	Platt- erbsen	6 Öl- rettich	2 Schalen Kontrolle	14 100 dz/ha Stroh	18 50 dz Stroh + Ölrett.	10 50 dz Stroh	N ₁	N ₂	N ₃
Z ₀				5	1	13	17	9			I-VIII

1 - 20 untersuchte Varianten; Parzellengröße 5,0 m x 4,0 m; 4 Wiederholungen a - d

- 16 -
Tab. I: Beschreibung des Versuches
Ständiger Weizen - Gerstenbau

3.2

"Sandgrenzweg (4)", Rauisch - Holzhausen 1971 und 1972

<u>Schlag:</u>	Sandgrenzweg 4	
<u>Anlage:</u>	Ertragsflächenmethode, 4 Wiederholungen	
<u>Fruchtfolge:</u>	1961 Zuckerrüben	1967 Sommergerste (Str./GD)
	1962 Sommergerste	1968 Sommerweizen "
	1963 Winterweizen (Str./GD)	1969 Sommergerste "
	1964 Sommerweizen "	1970 Winterweizen "
	1965 Sommergerste	1971 Sommergerste "
	1966 Winterweizen "	1972 Winterweizen "

Varianten: 8 org. x 4 N-Stufen = 32

- I Stoppel
- II Platterbsen-Gründüngung
- III Ölrettich-Gründüngung + 50 N
- IV Schälfruche = Kontrolle
- V 100 dz/ha ATM Stroh + 100 N
- VI 50 " " " + 50 N + Ölrettich-Gründüngung
- VII 50 " " " + 50 N
- VIII 50 " " " + Platterbsen-Gründüngung

N-Stufen Frühjahr 1971

N_0	= 0
N_1	= 20 kg/ha N als KAS
N_2	= 40 " " " "
N_3	= 60 (40+20) " " " "

N-Stufen Frühjahr 1972

N_0	= 0
N_1	= 50 kg/ha N als KAS
N_2	= 75 (50+25) " " " "
N_3	= 100 (60+40) " " " "

Gründüngung Herbst 1970

K_2O	130 kg/ha als 40er Korn-Kali
P_2O_5	70 " " " Thomasphosphat

Gründüngung Herbst 1971

K_2O	130 kg/ha als 40er Korn-Kali
P_2O_5	70 " " " Thomasphosphat
CaO	1600 " " " Brandkalk

Teilstück zur Anlage:

4 m (Var.) x 5 m (N-Stufen)

$$= 20 \text{ m}^2$$

Teilstück zur Ernte:

2,80 x 4,95

$$= 13,85 \text{ m}^2$$

Breite: 8 Var. zu 4 m x 2 Wdh.

$$= 64 \text{ m}$$

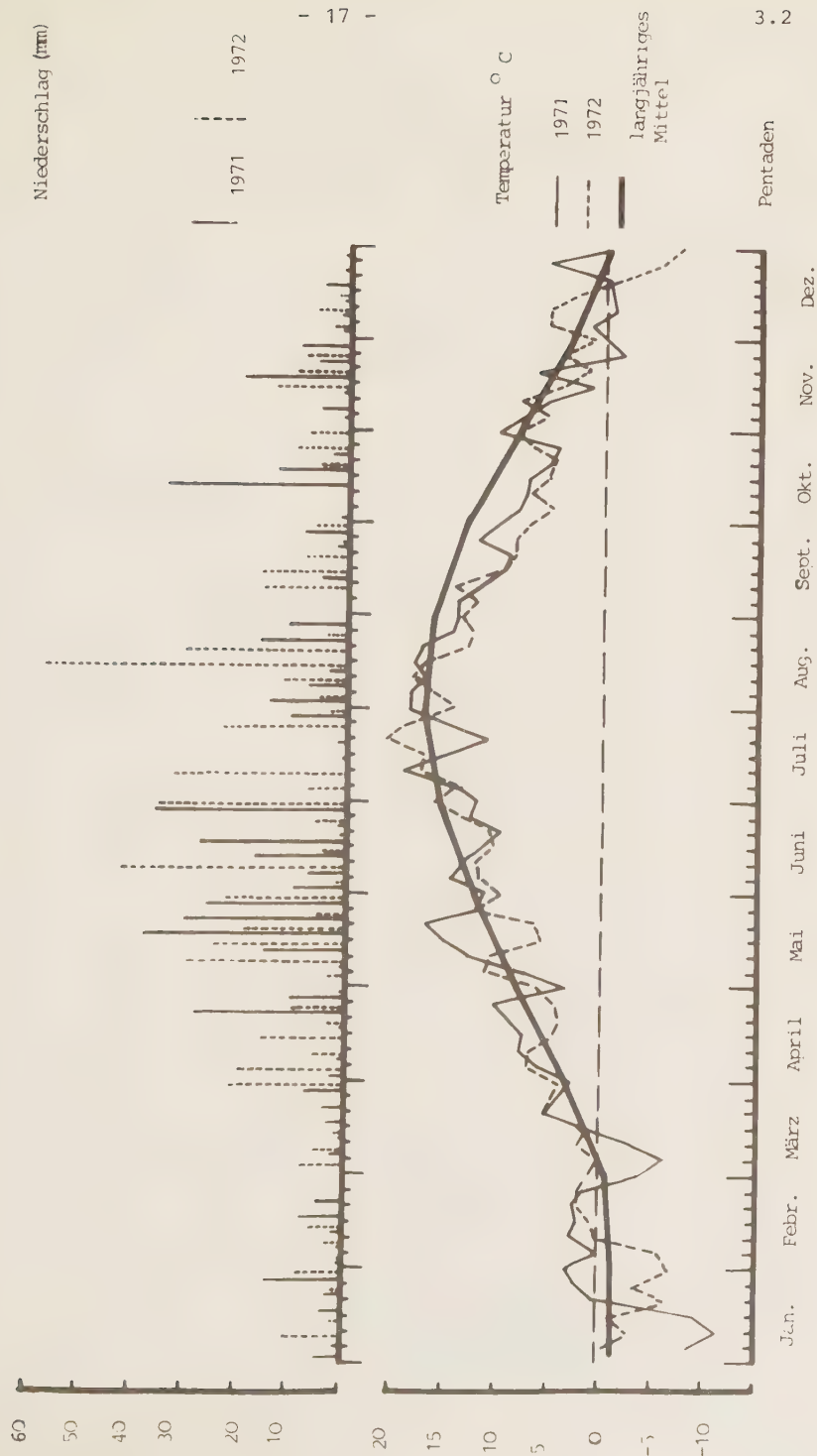
Tiefe: 4 N-Stufen zu 5 m x 2 Wdh.

$$= 40 \text{ m}$$

Reine Versuchsfläche: 64 x 40

$$= 2560 \text{ m}^2$$

Abbildung 2: Witterungsverlauf 1971 und 1972



Tab. 2 : Pflegemaßnahmen

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)"
Rauisch-Holzhausen, 1971 zu Sommer-Gerste.

Sorte: "Union" zertifiziert

Kf.: 96,5 , KG: 43,0

Aussaatstärke: 178 kg/ ha = 400 Kö/m²

Schmotzereinstellung: S₇ , Bodenkl. 2, Schieber 1/2

Reihenentfernung: 19,23 cm

- 22. 3. 71: angelegt
- 1. 4. 71: 1 x Doppellegge, abgedüngt, 1. Stickstoffgabe
gestreut, 1 x Pferdeegge, angelegt zum Drillen,
gedrillt
- 13. 4. 71: So-Gerste gespritzt
- 15. 4. 71: So-Gerste Aufgang
- 20. 4. 71: abgehackt
- 23. 4. 71: Keimdichte ausgezählt
- 11. 5. 71: gewalzt mit Cambridgewalze
- 14. 5. 71: So-Gerste mit Faueron (GEIGY) 3 kg/ha
mit Schmotzer gespritzt
- 17. 5. 71: 2. N-Gabe gestreut, 0.751 /ha Calixin
(BASF) gegen Mehltau gespritzt
- 14. 6. 71: So-Gerste schiebt Ähren
- 9. 8. 71: Mähdrusch
- 12. 8. 71: Versuche sondiert 2 x bis 35 cm Tiefe
- 18. 8. 71: Strohballen gehäckselt und ausgebreitet
- 25. 8. 71: N-Düngung für Variante V und VII gestreut
(KAS 23 % N) Dünger wurden mit Stroh ein-
geschält
- 26. 8. 71: Cambridgewalze und geeggt, Dünger für
III. und VI gestreut, II und IV mit Ölrettich
gedrillt, anschließend geeggt
Ölrettich: gefallen 22,5 kg/ha
- 5. 9. 71: Aufgang Gründüngung
- 13. 9. 71: Varianten ohne Gründüngung wurden geeggt
- 19. 10. 71: Gründünger gedüngt (130 K₂O) ab 40 n Kornkali + 70 P₂O₅
als Thomas)
- 27. 10. 71: Versuch gekalkt (20 dz/ha Brantkalk)
Versuch gepflügt (28 - 30 cm Tiefe)
mit Netzonegge geeggt
- 28. 10. 71: Versuch saatbetüftig gemacht, angelegt und gedrillt

Tab. 3: Pflegemaßnahmen

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)"
Rauisch-Holzhausen, 1972 zu Winter-Weizen.

Sorte: "Jubilar" zertifiziert

Kf: 94 %, TKG : 48 g

Aussaatstärke bei $450 \text{ kf/Kö/m}^2 = 230 \text{ kg/ha}$

Gefallen sind: $242,0 \text{ kg/ha}$ ($4462,5 \text{ m}^2$), $\text{Kf/Kö/m}^2 = 474$

Schmottzeinstellung = S_6 , B_1 , Schieber ganz offen

Reihenentfernung: 19,23 cm

- 15. 12. 71: Weizen Aufgang
- 13. 3. 72: Versuch abgehackt
- 15. 3. 72: Wi-Weizen Keimdichte ausgezählt
- 17. 3. 72: 1. N-Gabe gestreut (Rand breitflächig)
- 21. 3. 72: gewalzt und geeggt
- 18. 4. 72: 4,0 l Aretit u. 2,5 l Geseran 2079 gespritzt
- 3. 5. 72: 1,0 l/ha CCC gespritzt
- 23. 5. 72: 2. N-Gabe gestreut und Disteln gestochen
- 24. 6. 72: Wi-Weizen schiebt Ähren
- 27. 6. 72: Versuch sondiert, 35 cm tief, 2 Mess/Tlst.,
Var.: I, III, IV, V, VI, VII, B + C
- 26. 7. 72: Bestandesdichte ausgezählt
- 31. 8. 72: Mähdrusch - 18 R.z.E., 8 R. Rand Tlst. z. E. = $13,85 \text{ m}^2$
- 1. 9. 72: Bodenproben genommen Stroh (10 bzw. 20 Ballen/Var.)
gehäckselt, gebreitet, N für Var. V + VII gestreut
ca. 14 cm tief geschält zum Thormann hin, Versuch saatt-
betftfertig gemacht u. N auf Var. II, VI u. C gestreut
- 2. 9. 72: Var. II + VIII mit Platterbsen, Var. III, VI + C mit
Ölrettich gedrillt

Platterbsen abgedreht auf 140 kg/ha , gefallen: $188,4 \text{ kg/ha}$
($12,96 \text{ kg/688 m}^2$)
- 2. 9. 72: Ölrettich abgedreht auf 20 kg/ha , gefallen: $23,8 \text{ kg/ha}$
($2,46 \text{ kg/1032 m}^2$)
- 12. 9. 72: Aufgang Ölrettich
- 18. 9. 72: Aufgang Platterbsen
- 20.10.72: Grunddünger gestreut
- 1.11.72: Versuch gepflügt (Furche 26 cm tief)

Tabelle 4Beschreibung der zur Untersuchung herangezogenen Versuchsvarianten

lfd . Nr.	organische Düngung	Ausgleichsdüngung in kg N/ha	Bezeichnung der Variante im Ges. Versuch
1	Kontrolle	0	IV
2	Gründüngung	50	III
3	50 dz Stroh/ha	50	VII
4	100 dz " "	100	V
5	Gründüngung+ 50 dz/ha Stroh	50	VI

Im Jahre 1971 wurden die Bodenproben aus den Parzellen aller vier Stickstoffdüngungsstufen (N_0 , N_{20} , N_{40} , N_{60} zu Sommergerste) und im Jahre 1972 aus zwei Düngungsstufen (N_0 und N_{75} - entsprechend N_{40} im Jahre 1971 - zu Winterweizen) entnommen.

Die Bodenproben der einzelnen Serien (BU)⁺ wurden zu folgenden Terminen entnommen:

BU	1971 am:	Tag des Jahres	BU	1972 am:	Tag des Jahres
32	31. 3.	90	41	17. 4.	108
33	4. 5.	124	42	16. 5.	137
34	1. 6.	152	43	6. 6.	158
35	6. 7.	187	44	27. 6.	179
36	4. 8.	216	45	18. 7.	200
37	31. 8.	243	46	8. 8.	221
38	13.10.	286	47	19. 8.	242
39	9.11.	313	48	26. 9.	270
			49	24.10.	298

3.3

Probenentnahme und Probenvorbereitung

Die Probenentnahme erfolgte mit einem Bohrstock nach VIEHMEYER aus der Kru-

^{+) Bodenuntersuchung}

me (28 cm). Um die Entnahmefehler, die durch die Inhomogenität des Bodens bedingt sind, zu verringern, wurden für eine repräsentative Durchschnittsprobe pro Variante 60 Einstiche entnommen. Die Untersuchungen von SAUERLANDT et al. (1971) zeigen eine deutliche Abnahme der Standardabweichung der Kohlenstoffbestimmung mit steigender Anzahl der gezogenen Proben für die untersuchte Mischprobe.

Die Aufbereitung der Bodenproben richtet sich nach den an ihnen durchzuführenden Untersuchungen.

Zur Bestimmung der Krümelstabilität wird ein Aliquot der Mischprobe durch ein 1 cm-Sieb gesiebt und eine Woche bei Zimmertemperatur im Dunkeln getrocknet (Tabelle 5, V 1).

Zur Bestimmung der Dehydrogenase-Aktivität wird ein weiteres Aliquot der Mischprobe zuerst durch ein 1 cm-Sieb und anschließend durch ein 2 mm-Sieb gesiebt. Die Probe wird anschließend in naturfeuchtem Zustand zur Bestimmung verwendet (Tabelle 5, V 2).

Zur Durchführung der chemischen Analysen zur Charakterisierung der Huminstoffsysteme wird ein weiterer Aliquot der Mischprobe durch ein 1 cm-Sieb und anschließend durch ein 2 mm-Sieb gesiebt. Anschließend wird die Probe bei -20°C eingefroren, gefriergetrocknet, gemörsert und auf 0,2 mm Korngröße eingesiebt. Rund 0,8% des Trockengewichtes der getrockneten Proben waren größer als 0,2 mm. Während der Analysenzeit werden die Proben bei konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit gehalten (Tabelle 5, V 3).

In einer besonderen Versuchsreihe wurde der Einfluß verschiedener Probenvorbehandlungen auf die Standardabweichung der Analysendaten untersucht. Hierfür wurde ein Aliquot der Bodenprobe eingefroren, gefriergetrocknet, gewogen und geteilt.

Ein Teil dieser Probe wird vollständig gemörsert und auf kleiner als 0,2 mm gesiebt (Tabelle 5, V 4).

Tab. 5: Vorbehandlung der Bodenproben und die an diesen durchgeführten Untersuchungen

Bezeichnung	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5
Vorbehandlung	Sieben auf 1 cm Lufttrocknen	Sieben auf 1 cm Sieben auf 2 mm	Sieben auf 1 cm Sieben auf 2 mm Gefriertrocknen Mörsern Sieben auf 0,2 mm	Gefriertrocknen Mörsern Sieb. auf 0,2 mm	Gefriertrocknen Einwiegen in Plastiktüten mit Holz zerdr. Sieb. auf 2 mm Rückstand Windsichten Mörsern Sieb. auf 0,2 mm Vereinigen Einwiegen
Untersuchung	Krumeinstabilität	Dehydrogenase- aktivität	chemische Analyse der Huminstoff- systeme	C-Bestimmung (Gesamtboden)	C-Bestimmung (strohfrei)

Der andere Teil der Probe wird in große Plastiktüten gefüllt, mit einem Holzhammer zerstampft und ebenfalls durch ein 0,2 mm-Sieb gesiebt. Der Siebrückstand wird durch Windsichten von Stroh und Holz befreit, zermahlen, erneut gesiebt und gewogen (Tabelle 5, V 5).

In der Tabelle 5 sind die verschiedenen Vorbehandlungen und die an diesen Proben durchgeführten Untersuchungen zusammengestellt.

3.4 Methodik

Die in dieser Arbeit angewandte Methodenkombination kann in chemische Analysen, biologische Untersuchungen, physikalische Messungen und Ertragsbestimmungen unterteilt werden, wobei die chemischen im Institut für Biochemie des Bodens der Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig und die anderen Untersuchungen im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus-Liebig-Universität in Gießen durchgeführt wurden. Die Bestimmungen erfolgten regelmäßig nach den jeweiligen Probenentnahmen im Laufe der Vegetationsperiode.

3.4.1 Chemische Analysen zur Charakterisierung der Huminstoffsysteme

Im Institut für Biochemie des Bodens der Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, werden seit einiger Zeit Untersuchungen zur systematischen Charakterisierung der Huminstoffsysteme durchgeführt. Durch Anwendung automatischer Meß- und Analysenapparaturen soll die Reproduzierbarkeit der Meßdaten erhöht werden. Durch die Automatisierung können weiterhin individuelle Fehler weitgehend vermieden und eine größere Anzahl von Proben untersucht werden (Abbildung 3). Die ermittelten Daten werden auf Lochkarten aufgenommen und die Verrechnung und statistische Auswertung erfolgt mit der Datenverarbeitungsanlage IBM 1130.

Zur Charakterisierung der Huminstoffe wurde die von SALFELD und SÖCHTIG (1969, 1971) entwickelte Methodenkombination, die für den vorliegenden

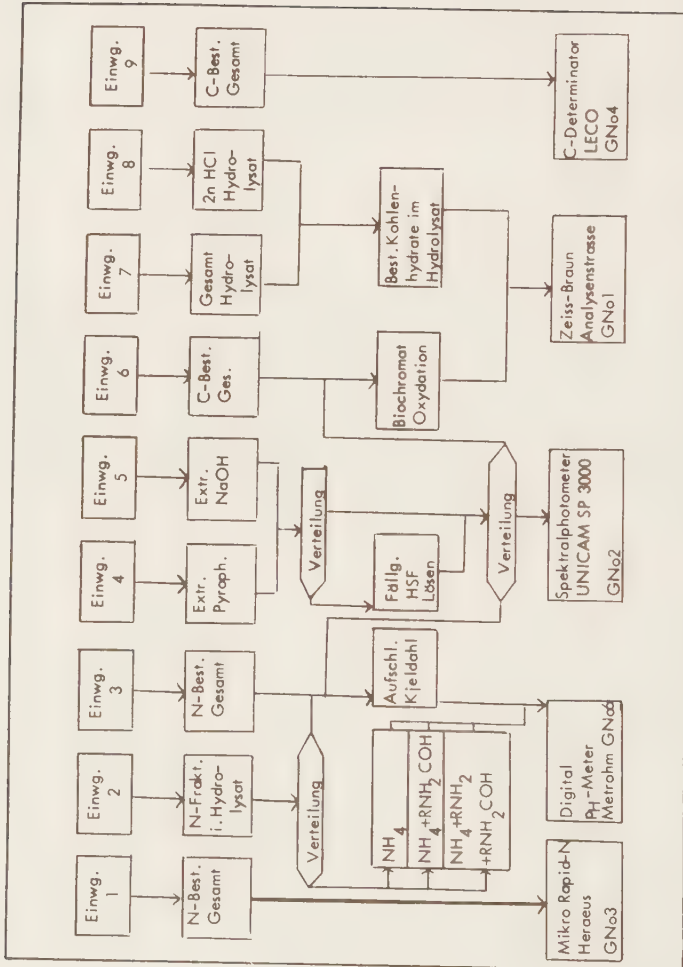


Abb. 3: Analysenschema zur Charakterisierung der Huminstoffsysteme

(Nähere Erklärung der Verfahren siehe Tab. 6 und späteren Text.)

Zweck um einige Bestimmungen erweitert wurde, angewandt. Im einzelnen wurden folgende Bestimmungen, Extraktionen und Fraktionierungen durchgeführt.

An den Böden wird der Gesamtkohlenstoffgehalt durch nasse Verbrennung mit Kaliumbichromat - Schwefelsäure und Messung des reduzierten Chrom-III in einem automatischen Spektralfotometer (PM 4 der Firma ZEISS) bei 520 nm (RHIEM und ULRICH 1954) und der Gesamtstickstoffgehalt nach dem Aufschluß durch Destillation und Rücktitration (BREMNER, 1965) bestimmt. Die Gehalte werden in mg/g Boden angegeben.

In alkalischen Lösungsmitteln lösliche Huminstoffe werden nach KONONOWA und BELCHIKOWA (1966) aus einer Probe mit einem Gemisch von 0,1 n Natrium-pyrophosphat und 0,1 n Natronlauge und aus einer weiteren Probe mit 0,1 n Natronlauge allein extrahiert. Die beiden Extrakte werden im folgenden als PNE und NLE bezeichnet. Aus den PNE wird mit Schwefelsäure bei pH 1,0 die Fraktion der Huminsäuren (im folgenden HSF) ausgefällt, zentrifugiert und in 0,1 n Natronlauge gelöst.

Von den PNE, NLE und HSF werden in drei Verdünnungen (unverdünnt, 1:1 und 1:3 verdünnt) die Extinktionen bei 400, 500, 600 und 700 nm gemessen. Aus den Extinktionen werden die Extinktionsquotienten, EQ 4/5, als Quotient der Extinktionen bei 400 und 500 nm, EQ 5/6 bei 500 und 600 nm sowie EQ 6/7 bei 600 und 700 nm berechnet (SALFELD, 1971). Aus der bei 500 nm gemessenen Extinktion wird als Kennzahl für die Farbtiefe die spezifische Extinktion für 1 mg C/10 ml Lösung berechnet.

In den PNE, NLE und HSF werden der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt mit den oben aufgeführten Methoden bestimmt und die Gehalte ebenfalls in mg/g Boden angegeben.

Die verschiedenen Stickstoffbindungsformen im Boden werden nach der von BREMNER (1965) ausgearbeiteten Methode bestimmt. Hierzu wird eine Bodenprobe mit einem Gehalt von ca. 10 mg Gesamtstickstoff 12 Stunden in 20 ml 6 n Salzsäure unter Rückfluß hydrolysiert. Aliquots des Hydrolysates wer-

den nach Neutralisation der Lösungen mit unterschiedlichen alkalischen Zusätzen destilliert bzw. bei der Bestimmung des α -Aminostickstoffgehaltes zuvor mit Ninhydrin umgesetzt, und die Destillate titriert. Zu Beginn der analytischen Arbeiten zeigte es sich, daß durch die Neutralisation der Gesamthydrolysate eine inhomogene Lösung, in der wahrscheinlich Eisen und andere Anteile des Bodens ausflocken, erhalten wird. Die Untersuchungsergebnisse hatten aufgrund dieser Inhomogenität der Ausgangslösung eine schlechte Reproduzierbarkeit. Deshalb wurde das Hydrolysat nach der Filtration mit Wasser auf 100 ml aufgefüllt und 5 ml dieser Lösung mit 0,5 n Natronlauge auf pH 6,5 titriert. Die zur Neutralisation benötigte Menge an Natronlauge wird jeweils vor den einzelnen Bestimmungen zu den aus den klaren Lösungen genauer titrierbaren Aliquots zugesetzt. Hierdurch konnte eine bessere Reproduzierbarkeit der Werte erzielt werden.

Zur Bestimmung der leichter abbaubaren organischen Substanzen im Boden wurden die reduzierenden Zucker in den Bodenhydrolysaten nach der Anthronmethode (MOKRASCH, 1954) bestimmt. Hierzu wird Boden mit 72%-iger Schwefelsäure bei 20°C über zwei Stunden behandelt. Die Lösung wird anschließend verdünnt und mit Anthron angefärbt und die Farbintensität gemessen.

3.4.2 Biologische Untersuchungen

Die Dehydrogenaseaktivität im Boden wird mit Hilfe von Triphenyltetrazoliumchlorid und Triphenylformazan nach der Methode von THALMANN (1967) bestimmt. Die Atmungsmessungen in Form der Bestimmung des ausgetriebenen CO_2 wird nach der Methode KOEPF (1952) durchgeführt.

3.4.3 Physikalische Untersuchungen

Zur Bestimmung der Krümelstabilität wird der bei der Probenentnahme beschriebene besonders behandelte Boden nach der Methode CZERATZKI (1958) bestimmt. Hierbei wird in erster Linie die Menge an wasserstabilen Aggrega-

ten festgestellt. Neben der Bestimmung der Krümelstabilität erfolgten Temperaturmessungen im Boden über die ganze Vegetationszeit.

3.4.4 Ertragsbestimmung

Bei der Ertragsbestimmung wird nach der Ernte sowohl der Gesamtertrag als auch das Korn- und Strohgewicht ermittelt und in Anlehnung an die Ertragsflächenmethode nach von BOGUSLAWSKI (1942) ausgewertet.

Die Werte der Atmungsmessungen, der Krümelstabilität und der Erträge wurden dankenswerterweise vom Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Gießen (Dr. Debruck) zur Verfügung gestellt.

4 Auswertung der Messwerte

4.1 Die Verarbeitung der Analysendaten

Im Jahre 1971 wurden an acht Terminen je 20 Bodenproben genommen. Jede Probe war ein Gemisch aus 60 Einzelproben. An den Proben wurden je 17 chemisch-analytische Bestimmungen als unabhängige Doppelbestimmungen durchgeführt. Entsprechend wurden im Jahre 1972 an 9 Terminen je 10 Proben genommen und mit 16 Methoden analysiert. Das ergibt 7780 Einzelbestimmungen. Dabei sind die Extinktionsmessungen an den Extrakten und den Lösungen von Huminsäurefraktionen als eine Bestimmung gerechnet, tatsächlich besteht jede der 660 Extinktionsmessungen aus 12 Einzelmessungen in drei Verdünnungen bei vier Wellenlängen. Diese 15040 Einzelmessungen wurden im Jahre 1971 alle von Hand durchgeführt. Im Verlaufe des Jahres 1972 konnten die optischen Messungen automatisiert werden.

Um diese Daten voll auswerten zu können und sie auch als Vergleichsmaterial für spätere Untersuchungen zur Verfügung zu haben, wurden alle Messwerte im Rahmen eines im Institut für Biochemie des Bodens in Ausarbeitung befindlichen Schemas zur Datenerfassung und Datenverarbeitung bei zusätzlicher Analyse von Huminstoffsystemen mit weiteren für die Auswertung erforderlichen Informationen auf Lochkarten für die elektronische Datenverarbeitung gebracht. Die Doppelbestimmungen wurden zunächst auf graphischem Wege über den Schnelldrucker auf systematische Fehler und Ausreißer kontrolliert. Es wird dabei geprüft, ob die Differenzen der Doppelbestimmungen statistisch verteilt sind und innerhalb der durch die Methode gegebenen Grenze liegen (Abbildung 4).

Aus den Einzelmeßwerten wurden die normierten Mittelwerte (Tabelle 8) mit Standardabweichungen (DOERFFEL 1965) als Maß für die Streuung berechnet und auf Ergebniskarten dokumentiert. Diese bilden die Basis für die weitere Auswertung.

Die normierten Mittelwerte sind nach Methoden geordnet in Tabellen (Anhang) zusammengestellt. Dabei stehen die Zeitvarianten der einzelnen Düngungsva-

KONTROLLE METHODE 24
 KONTROLLGRENZE 0.206
 DIFFERENZ $X_1 - X_2$ -0.002 0.016-0.037 0.044-0.074 0.025-0.052-0.032 0.218-0.106
 0.022 0.024 0.087-0.040-0.115-0.062-0.012 0.040 0.000 0.083
 *



Abb. 4: Graphische Kontrolle der Doppelbestimmungen

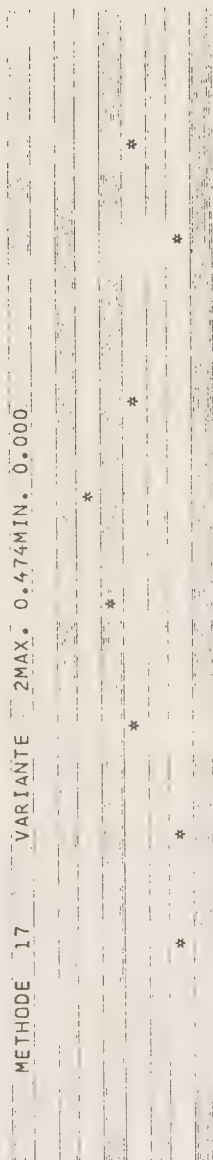


Abb. 5: Graphische Darstellung der Werteverteilung in einer Zeitserie

Tab. 6: Methoden zur Charakterisierung der Huminstoffsysteme

Nr.	Methoden	Abkürzung	Einheit
01	Extinktion des Pyrophosphatnatronlaugextraktes	E.-PNE	E/1g Bd. 10 ml
02	" der Huminsäurefraktion	E.-HSF	"
03	" des Natronlaugextraktes	E.-NLE	"
05	C-Bestimmung zu O1	C-NPE	mg C/g Boden
06	" " O2	C-HSF	"
07	" " O3	C-NLE	"
09	" " Gesamtboden	C _t	"
10	N-Bestimmung " "	N _t	mg N/g Boden
16	Gesamt-N im Hydrolysat	Hydr.-N	"
17	"Amid"-N	NH ₄	"
18	"Amid"-Hexosamin-N	NH ₄ +RNH ₂ CHO	"
19	"Amid"-Hexosamin- Amino-N	NH ₄ +RNH ₂ +RNH ₂ CHO	"
20	N-Bestimmung zu O1	N-PNE	"
21	" " O2	N-HSF	"
22	" " O3	N-NLE	"
24	Dehydrogenaseaktivität im Boden	DHA	mg TP ⁺ /10g Boden
25	Kohlenhydrat im Gesamtboden	KH	mg C ₆ H ₁₂ O ₆ /g Boden

⁺Triphenyl-Formazan

rianten in den Zeilen, sie werden im folgenden als Zeitserien bezeichnet, die Düngungsvarianten der einzelnen Zeitvarianten bzw. Probeentnahmerminen in den Spalten; sie werden als Terminserien bezeichnet.

Da jede Probe eine Mischprobe aus 60 Einzelproben ist, kann angenommen werden, daß der Probenahmefehler gegenüber dem analytischen Fehler vernachlässigbar ist. Möglicherweise kann sich ein systematischer Fehler durch die Probenvorbehandlung ergeben. Eine einmalige spezielle Untersuchung führte zu keinem eindeutigen Ergebnis. Eine Klärung dieses Problems muß späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Die in den Tabellen angegebenen Werte sind Mittelwerte aus zwei unabhängigen Einzelbestimmungen an der gleichen, vorbehandelten Bodenprobe.

Es wurde zunächst geprüft, in welchem Umfang Unterschiede zwischen diesen Werten statistisch gesichert sind. Dazu wurden unabhängig voneinander in den Zeitserien und den Terminserien t-Werte berechnet. Beim unmittelbaren Vergleich von jeweils zwei Mittelwerten aus jeweils zwei Einzelwerten ist die Zahl der Freiheitsgrade sehr niedrig (zwei). Damit wird der Vergleich sehr unsicher. Aus diesem Grunde wurden die t-Werte innerhalb der einzelnen Serien berechnet (LINDNER, 1964).

$$t = \frac{|\bar{x}' - \bar{x}''|}{s} \cdot \sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2}{N_1 + N_2}}$$

Da jeder Mittelwert aus zwei Einzelwerten ($N = 2$) berechnet wird, vereinfacht sich der Ansatz

zu
$$t = \frac{|\bar{x}' - \bar{x}''|}{s}$$

damit ergibt sich innerhalb einer Serie für einen statistisch gesicherten Unterschied als Grenzwert für die Differenz der Mittelwerte:

$$t = s \cdot t(P, n)$$

Für eine Zeitserie 1971 mit 8 Terminen wird so mit 8 Freiheitsgraden für den 6 (P,n)-Wert 95% statistische Sicherheit

$$t = 2,31 \cdot s$$

erhalten. Die so berechneten Werte sind in den Tabellen (Anhang) mit aufgenommen, in der letzten Spalte für die Zeitserien, in der letzten Zeile für die Terminserien, so daß die Sicherung der Differenzen zwischen allen Werten einer Zeit- oder Terminserie mit den entsprechenden t-Werten berechnet werden kann. Diese Berechnung wurde für alle Tabellen (Anhang) durchgeführt und um eine Übersicht über den allgemeinen Grad der Sicherung der Werte zu geben, ist der Prozentsatz an statistisch gesicherten Unterschieden in den einzelnen Zeitserien in den Tabellen 7 und 8 zusammengestellt.

Die prozentualen Anteile gesicherter Differenzen einer Zeitserie, bzw. deren Mittelwerte aus mehreren Zeitserien lassen erkennen, welche der angewandten Methoden zur Erfassung des Stoffumsatzes im Boden mehr oder weniger brauchbar sind. Die Brauchbarkeit einer Methode ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen analytischer Reproduzierbarkeit und der Größenordnung der zu erwartenden Unterschiede am Untersuchungsobjekt. Hierbei stellt die Genauigkeit der Methode die Grenze dar, ob mit der angewandten statistischen Sicherheit die auftretenden Unterschiede gesichert sind.

Die Untersuchungen von 1972 zeigen im allgemeinen einen höheren Anteil an gesicherten Unterschieden. Das dürfte hauptsächlich auf teilweise Automatisierung und eine Verbesserung der individuellen Handhabung der Methodik zurückzuführen sein. Bei dem Vergleich der verschiedenen Methoden lassen sich bei der Stickstofffraktion, der Gesamtkohlenstoffbestimmung und der Dehydrogenaseaktivität die günstigsten gesicherten Differenzen beider Jahre erkennen. Verhältnismäßig ungünstig liegen die Verhältnisse bei den optischen Messungen.

Es ist anzunehmen, daß die organischen Düngervarianten mit der höchsten Düngierzufuhr im Vergleich zu den anderen Varianten einen großen Stoffum-

Tab. 8: Prozentueller Anteil gesicherter Differenzen in den Zeiterien (1972)

Nr.	Methode	Kontrolle		Gründung				50 dz/ha Stroh				100 dz/ha Stroh				Stroh + Gründung				$\bar{x}$
		N ₀	N ₇₅	N ₀	N ₇₅	N ₀	N ₇₅	N ₀	N ₇₅	N ₀	N ₇₅	N ₀	N ₇₅	N ₀	N ₇₅	N ₀	N ₇₅	N ₀	N ₇₅	
01	Ext.-NPE	5.6	0.0	0.0	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	8.3	5.6	8.3	3.1
02	Ext.-HSF	16.7	8.3	2.8	36.1	8.3	22.2	8.3	22.2	8.3	22.2	5.6	16.7	5.6	16.7	27.8	36.1	27.8	36.1	18.1
05	C-NPE	2.8	30.6	33.3	19.4	16.7	19.4	16.7	19.4	16.7	19.4	2.8	2.8	2.8	2.8	5.6	30.6	5.6	30.6	16.3
06	C-HSF	33.3	36.1	27.8	44.4	38.9	19.4	38.9	19.4	38.9	19.4	27.8	25.0	27.8	25.0	13.9	25.0	13.9	25.0	29.2
09	C _t	61.1	25.0	52.8	58.3	72.2	58.3	72.2	58.3	72.2	58.3	66.7	52.7	66.7	52.7	77.8	61.1	77.8	61.1	58.6
10	N _t	58.3	41.6	80.6	58.3	47.2	61.1	47.2	61.1	47.2	61.1	16.7	33.3	16.7	33.3	69.4	72.2	69.4	72.2	53.9
16	Hydr.-N	36.1	27.8	44.4	67.4	80.6	27.8	80.6	27.8	80.6	27.8	66.7	69.4	66.7	69.4	75.0	27.8	75.0	27.8	52.5
17	NH ₄	52.7	55.6	30.6	33.3	80.6	88.9	80.6	88.9	80.6	88.9	69.4	47.2	69.4	47.2	69.4	44.4	69.4	44.4	57.2
18	NH ₄ +RNH ₂ CHO	75.0	61.1	55.6	38.9	38.9	77.8	38.9	77.8	38.9	77.8	55.6	55.6	55.6	55.6	63.9	58.3	63.9	58.3	58.1
19	NH ₄ +RNH ₂ ⁺ RNH ₂ CHO	25.0	30.6	58.3	52.8	72.2	44.4	72.2	44.4	72.2	44.4	19.4	38.9	19.4	38.9	58.3	0.0	58.3	0.0	40.0
20	N-NPE	52.8	27.8	36.1	33.3	41.7	2.8	41.7	2.8	41.7	2.8	22.2	33.3	22.2	33.3	55.6	41.7	55.6	41.7	34.7
21	N-HSF	2.8	2.8	55.6	47.2	41.7	38.8	41.7	38.8	41.7	38.8	5.6	13.9	5.6	13.9	38.9	33.3	38.9	33.3	28.1
24	DHA	69.4	83.3	69.4	63.9	83.3	86.1	83.3	86.1	83.3	86.1	83.3	66.7	83.3	66.7	80.6	75.0	80.6	75.0	54.8
Mittelwert $\bar{x}$		37.8	33.1	42.1	43.6	47.9	42.1	47.9	42.1	47.9	42.1	34.0	35.0	34.0	35.0	49.4	39.5	49.4	39.5	

satz haben, was zu größeren Unterschieden im Laufe der Vegetationsperiode führt. Aufgrund dieser Tatsache sollte diese Variante eine allgemein günstigere gesicherte Differenz aufweisen, was auch im Jahre 1971 zutrifft. Dagegen zeigt die 100 dz/ha Strohvariante im Jahre 1971 im Vergleich zu den anderen Varianten den niedrigsten Anteil gesicherter Unterschiede an. Hierbei soll aber auf die komplexe Wirkung verschiedener Faktoren und auf die Inhomogenität des Bodens hingewiesen werden, wobei z.B. das unzersetzte Stroh eine schlechtere Reproduzierbarkeit der Methodik (C-Bestimmung) verursachen kann (siehe 4.6).

Für eine Beurteilung der zeitlichen Änderung der einzelnen Varianten wurden zunächst Diagramme über den Schnelldrucker erstellt, in denen die Einzelwerte einer Methode in zeitlicher Abfolge in einem groben Raster mit Einheiten dargestellt sind (Abbildung 5). Diese Darstellung gestattet eine Beurteilung der relativen Lage der einzelnen Messpunkte. Mit ihrer Hilfe können auch zusätzlich Ausreißer entdeckt werden. Wenn man mehrere derartige Diagramme zu Vergleichszwecken zusammenzeichnet, werden die Darstellungen jedoch sehr unübersichtlich. Hierfür wurde eine andere Methode verwendet. Mit den Werten jeder Zeitserie wurden polynomiale Regressionen berechnet und die Regressionskurven wurden über den Plotter gezeichnet. Mit dem hierfür benutzten Rechenprogramm werden nacheinander die Regressionen 1. - 4. Grades berechnet.

Regressionsgleichung 1. Grades: $y = a + bx$

" 2. Grades: $y = a + bx + cx^2$

" 3. Grades: $y = a + bx + cx^2 + dx^3$

" 4. Grades: $y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4$

Wenn bei der Regression nächsthöheren Grades keine Verbesserung der Angleichung mehr erzielt wird, wird die Rechnung abgebrochen. Bei den vorliegenden Serien wurde mit zwei Ausnahmen, bei denen nach der Regression 3. Grades keine Verbesserung mehr erzielt wurde, die Regression 4. Grades berechnet. Die fünf Regressionskurven einer Methode für die fünf organischen Düngungsvarianten einer Stickstoffstufe wurden jeweils in ein Diagramm zusammengezeichnet (Abbildung 6 bis 119).

Es soll nochmals darauf hingewiesen werden, daß die Regressionskurven Nahrungskurven sind, die einen Überblick über die Zeitfunktion geben sollen. Auf die Einzeichnung der Messwerte, die in den Tabellen in Anhang aufgeführt sind, mußte zu Gunsten der Übersichtlichkeit verzichtet werden. Ein Beispiel mit eingetragenen Meßwerten wird in Abbildung 6 (4.2.1 Der Kohlenstoffgehalt des Bodens) ausgeführt.

Außer den durch Messung einer bestimmten Eigenschaft gewonnenen Werte zur Charakterisierung der Huminstoffsysteme (Primärwerte) werden für die Deutung und den qualitativen Vergleich aus mehreren Primärwerten Sekundärwerte berechnet (z.B. C/N). Derartige Sekundärwerte liefern keine zusätzlichen Informationen, sie bedeuten für sich allein genommen sogar einen Informationsverlust. Außerdem ist die Streuung der Sekundärwerte größer als diejenige der Primärwerte. Die in dieser Arbeit verwendeten Sekundärwerte sind der Tabelle 9 zu entnehmen.

4.2

Ergebnisse der chemischen Analysen von Huminstoffsystemen

Die Ergebnisse werden in Anlehnung an den methodischen Ablauf in Einzelabschnitten besprochen. In den Einzelabschnitten wird zuerst eine kurze Diskussion der Methoden, ihrer Fehlermöglichkeiten und der Messfehler gegeben.

Die erhaltenen Ergebnisse werden in drei Abschnitten nacheinander abgehandelt. Zuerst werden die Veränderungen im Laufe der zwei Untersuchungsjahre, anschließend der Einfluß der organischen Düngung und der Einfluß der Stickstoffdüngung dargestellt.

4.2.1

Der Kohlenstoffgehalt des Bodens (C_t)

Der Kohlenstoffgehalt des Bodens wird allgemein als ein Maß für die Menge an organischen Stoffen im Boden verwendet. Die Kohlenstoffbestimmung mittels nasser Verbrennung wird in der Huminstoffchemie als Standardmethode

Tabelle 9: Sekundärwerte

<u>Bezeichnung</u>	<u>Einheit</u>	<u>Messwert nach Methoden</u> +)
KD 1 Hexosamin-N	mg/g Bd.	18 - 17
KD 2 α -Amino-N	"	19 - 18
KD 3 Rest-N	"	16 - 19
KD 4 FSF-N in PNE	"	20 - 21
KD 6 FSF-C " "	"	5 - 6
KQ 13 C/N(t)		9 - 10
KQ 14 " (PNE)		5 - 20
KQ 15 " (HSF in PNE)		6 - 21
KQ 16 " (NLE)		7 - 22
KQ 19 Spezif. E. (PNE, 500)		1 - 5
KQ 23 " " (HSF, 500)		2 - 6
KQ 27 " " (NLE, 500)		3 - 7
KP 1 C-PNE von C _t	‰	5 aus 9
KP 2 C-HSF " "	‰	6 " 9
KP 3 C-NLE " "	‰	7 " 9
KP 5 C-HSF " PNE	‰	6 " 5
KP 10 Amid-N " hydrl.-N	‰	17 " 16

+) siehe Tab. 6

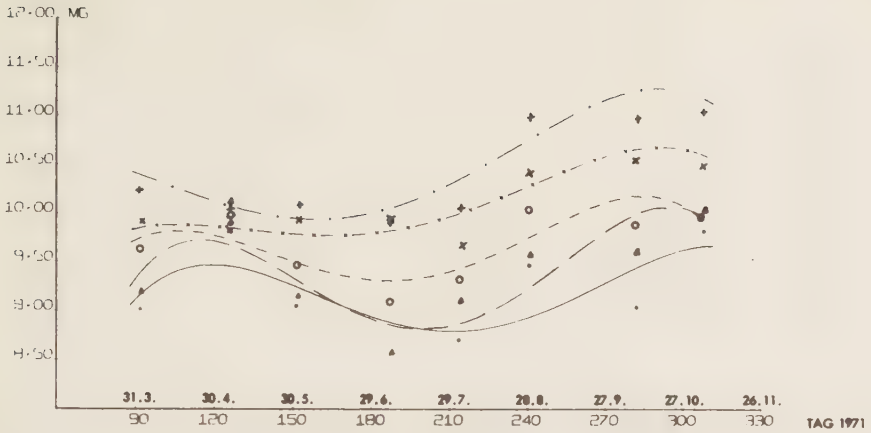
verwendet. Der Kohlenstoff wird hierbei durch Bichromat oxydiert, wobei die im Boden vorhandenen Carbonate nicht stören. Die Beobachtung, daß Eisen-II - und Mangan - II - Verbindungen wie z.B. in G-Horizonten von Gleiböden zu unzuverlässigen Resultaten führen, da in diesen Fällen ein Teil des Bichromats zur Oxydation dieser Verbindungen verbraucht wird, dürfte bei den vorliegenden Untersuchungen keinen Einfluß haben. Eine Umrechnung des Kohlenstoffgehaltes auf organische Substanz wird in der vorliegenden Arbeit nicht vorgenommen, da der Kohlenstoffgehalt organischer Substanzen verschiedener Herkunft Unterschiede aufweist. So fanden DE LENHERR et al. (1957) Unterschiede im Kohlenstoffgehalt verschiedener organischer Substanzen im Boden zwischen 49,7 und 55,0%. Es werden deshalb die Kohlenstoffwerte direkt zur Auswertung verwendet.

Um die Veränderungen im Kohlenstoffgehalt des Bodens im Verlaufe eines Jahres verfolgen zu können, wurden die entsprechenden Bestimmungen an den auf Seite 22 beschriebenen Proben durchgeführt. Die Zeitfunktion des Kohlenstoffgehaltes des Bodens im Laufe der Vegetationsperioden 1971 und 1972 in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung ist in den Abbildungen 6 - 11 und den Tabellen Anhang 2 und 3 dargestellt.

Anhand der in den Anhangtabellen angegebenen t-Werte kann eine Klassifizierung der Werte innerhalb einer Zeit- bzw. Terminserie durchgeführt werden. Ein Beispiel für eine derartige Klassifizierung wird in den Tabellen Anhang 3 und 4 gegeben. Hierbei wurde jeder Wert der organischen Varianten einer Stickstoffstufe mit der Kontrolle verglichen und die Werte mit gesicherten Unterschieden unterstrichen. In den Zeitserien wurden alle Werte untereinander verglichen und die Anzahl der gesicherten Unterschiede in Prozent aller Möglichkeiten in den Tabellen 7 und 8 aufgeführt.

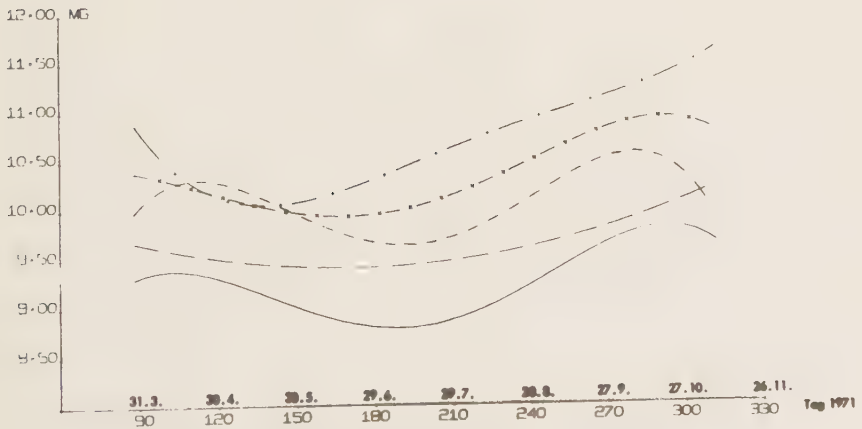
Die mittleren t-Werte betragen im Jahre 1971 7,5% des mittleren Kohlenstoffgehaltes und im Jahre 1972 4,7%. Die größere Genauigkeit im Jahre 1972 wurde durch den Einsatz eines automatisch messenden Gerätes (ZEISS-BRAUN-SYSTEMATIK) erreicht.

Von von BOGUSLAWSKI (1959) wurde als Fehlergrenze ($\pm \bar{m}$) 15 dz Kohlenstoff/ha angegeben, was umgerechnet einer Menge von 0,5 mg C/g Boden entspricht. Wenn



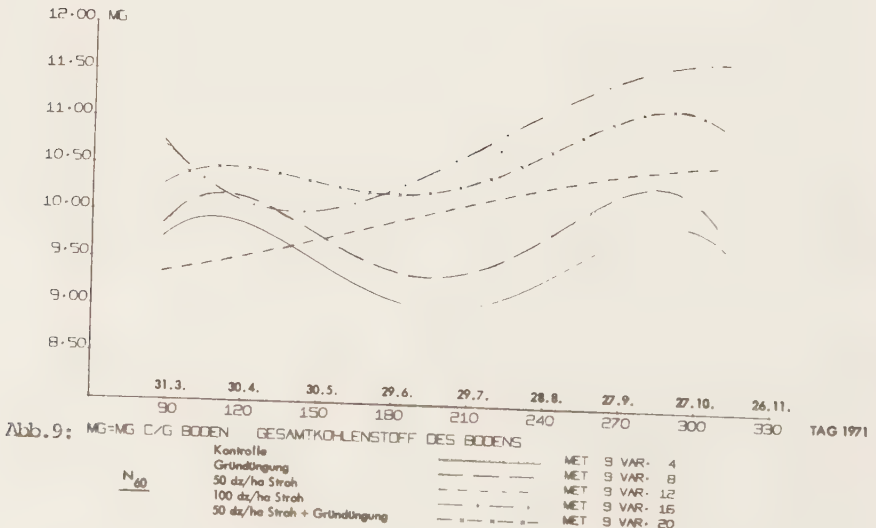
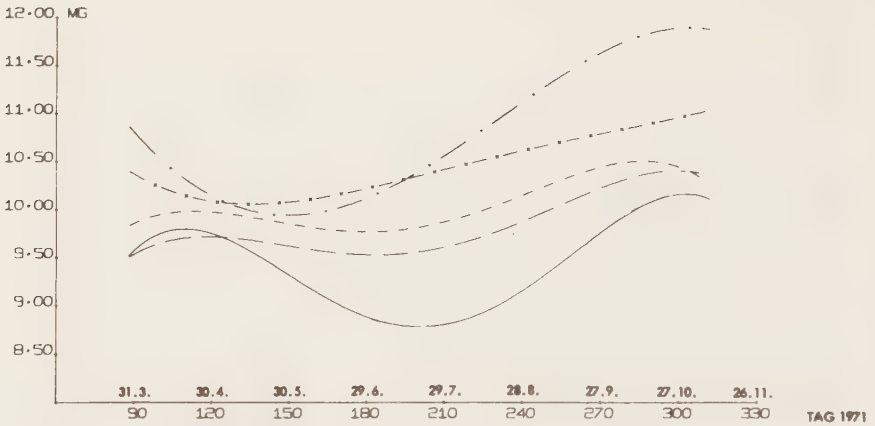
Kontrolle	—	MET 9 VAR. 1	*
Gründüngung	—	MET 9 VAR. 5	4
50 dz/ha Stroh	—	MET 9 VAR. 9	0
100 dz/ha Stroh	—	MET 9 VAR. 13	+
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	—	MET 9 VAR. 17	x

N₀



Kontrolle	—	MET 9 VAR. 2	
Gründüngung	—	MET 9 VAR. 6	
50 dz/ha Stroh	—	MET 9 VAR. 10	
100 dz/ha Stroh	—	MET 9 VAR. 14	
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	—	MET 9 VAR. 18	

N₂₀



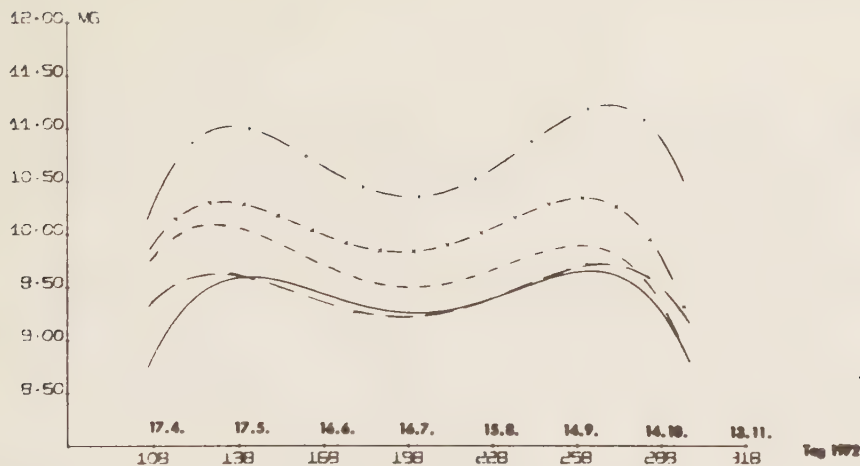


Abb. 10: MG=MG C/G BODEN GESAMTKOHLENSTOFF DES BODENS

N₀

Kontrolle	—————	MET 9 VAR.	1
Gründüngung	- - - - -	MET 9 VAR.	5
50 da/ha Stroh	- . - . -	MET 9 VAR.	9
100 da/ha Stroh	— — — —	MET 9 VAR.	13
50 da/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 9 VAR.	17

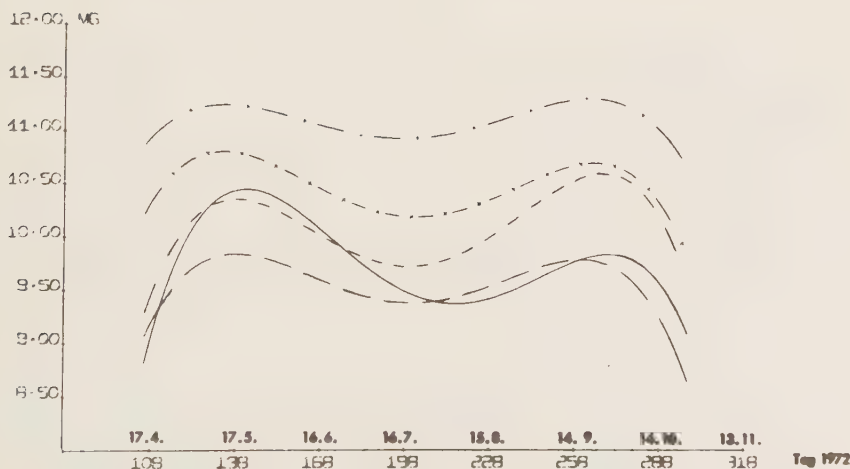


Abb. 11: MG=MG C/G BODEN GESAMTKOHLENSTOFF DES BODENS

N₇₅

Kontrolle	—————	MET 9 VAR.	3
Gründüngung	- - - - -	MET 9 VAR.	7
50 da/ha Stroh	- . - . -	MET 9 VAR.	11
100 da/ha Stroh	— — — —	MET 9 VAR.	15
50 da/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 9 VAR.	19

man annimmt, daß das 2,5-fache des Fehlers als nicht gesichert gilt, liegen alle Unterschiede, die nicht größer als 1,25 mg C/g Boden sind, innerhalb des Fehlers. Diese Grenze wurde bei den Untersuchungen von BRADE (1961) auf 0,89 mg C/g Boden vermindert. Im vorliegenden Versuch beträgt dieser Wert im Jahre 1971 0,76 mg C/g Boden und im Jahre 1972 sogar nur 0,47 mg C/g Boden. Der Grund für diese Verringerung des Fehlers kann einerseits auf eine Verbesserung der Analytik durch Anwendung automatisch messender Geräte, da die subjektiven Fehler weitgehend ausgeschaltet werden, und andererseits auf die besseren Durchschnittsproben zurückgeführt werden, da für jede Einzelprobe 60 Einstiche genommen und vermischt wurden. Der mögliche Probenentnahmefehler wurde bei den oben genannten Werten nicht berücksichtigt.

In der Darstellung der Zeitkurven bei N_0 (Abbildung 6) sind, wie bereits auf Seite 36 erwähnt, die Messwerte eingezeichnet, um einen Eindruck von der Verteilung derselben um die Regressionskurven zu vermitteln. In allen anderen Abbildungen der Zeitkurven werden die Messwerte, die in den Tabellen im Anhang aufgeführt sind, der Übersichtlichkeit wegen weggelassen.

Die Zeitfunktionskurven zeigen in allen Fällen 2 Maxima und zwar eines Mitte Mai und ein zweites Anfang bis Mitte Oktober, von denen das erste auf erhöhte Bildung von Wurzelmasse und das zweite auf das Unterbringen des Strohs und der Stoppelrückstände zurückgeführt wird. Der Vergleich der Werte beider Jahre zeigt, daß im Jahre 1971 bei den Varianten mit Strohdüngung das zweite Maximum eindeutig höher als das erste Maximum ist. Die beiden Maxima im Jahre 1972 dagegen sind gleich hoch. Hieraus kann man schließen, daß im Winter 1970/71 eine intensivere Umsetzung des Strohs als im Winter 1971/72 erfolgt ist.

Die hier gefundenen Zeitkurven des Kohlenstoffgehaltes während der Vegetationsperiode stehen bis zum Termin der Strohdüngung in Übereinstimmung mit den Befunden von SAUERLANDT et al. (1971). Hier wurden Höchstwerte für Kohlenstoff unter Winterweizen 1957 gegen Ende Mai festgestellt. Nach diesem Maximum, das SAUERLANDT als durch den Zuwachs an Wurzelmasse bedingt sieht, zeigen die eigenen Untersuchungen eine Verminderung des Kohlenstoffgehaltes,

was durch eine Zersetzung organischer Stoffe bedingt sein kann.

Um den Einfluß der verschiedenen organischen Düngungsvarianten und den der Stickstoffstufen miteinander vergleichen zu können, wird aus allen Meßwerten einer Variante einer Vegetationsperiode ein Mittelwert gebildet. Diese Mittelwerte werden in Kurztabelle zusammengestellt. Diese Art der zusammenfassenden Mittelwertbildung wird für alle untersuchten Parameter durchgeführt. Aus diesen Tabellen wird für den Vergleich der Wirkung der unterschiedlichen organischen Düngung auf die untersuchten Parameter eine Reihenfolge aufgestellt. Es muß jedoch erwähnt werden, daß aus den Tabellen und den Reihenfolgen nur Tendenzen entnommen werden können. Diese Tendenzen werden für alle untersuchten Parameter in der Diskussion zusammengestellt und ausführlich behandelt.

Tabelle 10

Kohlenstoffgehalt des Bodens (mg C/g Boden)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kontrolle	Gründüngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	9.34	9.67	9.93	10.71	10.37
1972	9.47	9.42	9.81	10.84	10.17

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	9.80	10.00	10.11	10.14
1972	9.80		10.09	

Wie aus der Tabelle 10 zu ersehen ist, nimmt im allgemeinen der Gehalt an Kohlenstoff in den beiden Versuchsjahren in Abhängigkeit von der organi-

schen Düngung unabhängig von der Stickstoffdüngung in folgender Reihenfolge zu:

Kontrolle	≠	Gründüngung	<	50 dz/ha Stroh
< 50 dz/ha Stroh	+	Gründüngung	<	100 dz/ha Stroh

Damit ergibt sich eine Beziehung zwischen der Menge an zugeführter organischer Substanz und dem Kohlenstoffgehalt des Bodens, die fast die ganze Vegetationszeit (Abbildung 6 - 11) erhalten bleibt.

Mit steigenden Stickstoffgaben zeigt der Kohlenstoffgehalt, wenn die unterschiedliche organische Düngung unberücksichtigt bleibt, ebenfalls eine steigende Tendenz. Diese Wirkung höherer Stickstoffgaben wurde ebenfalls von ZADRAZIL (1971) beobachtet. Dieser ist der Meinung, daß der Effekt nicht nur auf eine größere Wurzelmasse bei erhöhter Stickstoffgabe und damit einer höheren Rückstandsmenge zurückgeführt werden kann, sondern auch auf einen qualitativ anderen Umsatz. Auch BRADE (1961) findet mit steigender Stickstoffdüngung eine Zunahme des Kohlenstoffgehaltes. Er gibt weiterhin an, daß sich der Kohlenstoffgehalt des Bodens in dem Verlauf der Vegetationszeit verändert.

4.2.2 Der Stickstoffgehalt des Bodens (N_t)

Im Anhang 4 und 5 wird der Gesamtstickstoffgehalt des Bodens im Laufe der Vegetationsperiode tabellarisch erfaßt. Die aus den Zeitkurven berechneten Regressionskurven sind in den Abbildungen 12 bis 17 graphisch dargestellt.

Der mittlere t-Wert beträgt im Jahre 1971 durchschnittlich 6%, und ist für das Jahr 1972 etwas größer als 3%. Es zeigen sich geringe jahreszeitliche und düngedingte Unterschiede, die jedoch in den meisten Fällen nicht gesichert sind. Die verhältnismäßig geringen Veränderungen des Stickstoffgehaltes im Laufe einer Vegetationsperiode im Boden lassen sich damit mit der angewandten Methode nicht erfassen. Größere Unterschiede im Laufe der Vegeta-

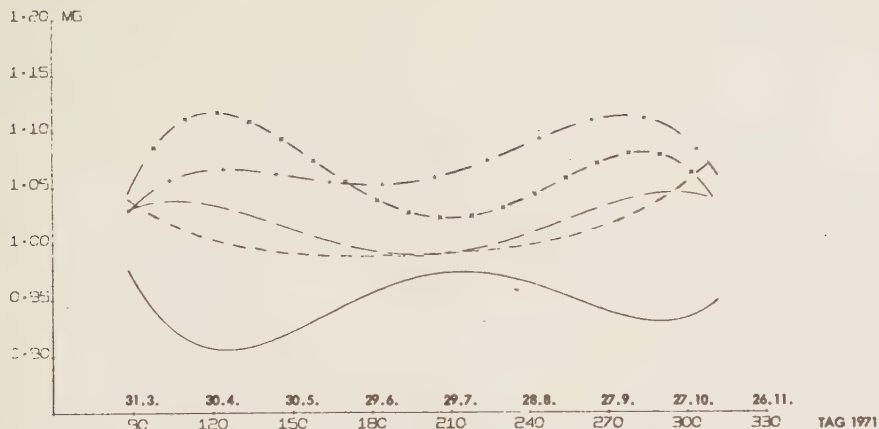


Abb. 12: MG-MG N/G BODEN GESAMTSTICKSTOFF DES BODENS

Kontrolle	—	MET 10 VAR. 1
Gründüngung	---	MET 10 VAR. 5
50 dz/ha Stroh	...	MET 10 VAR. 9
100 dz/ha Stroh	- . - . - .	MET 10 VAR. 13
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 10 VAR. 17

$\frac{N}{0}$

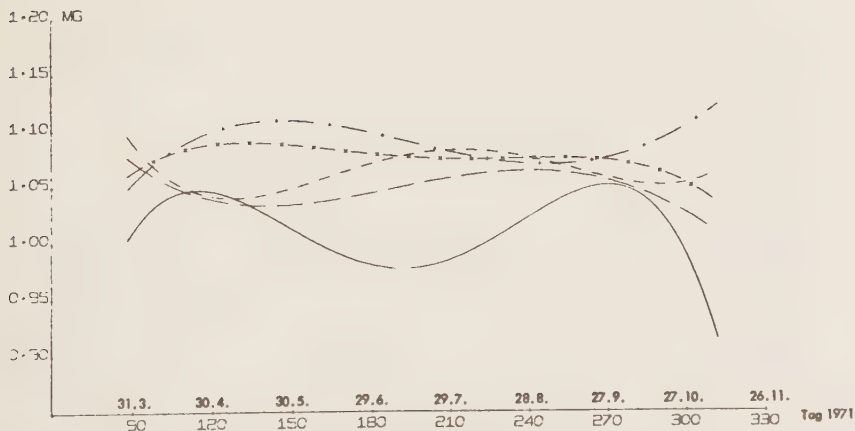
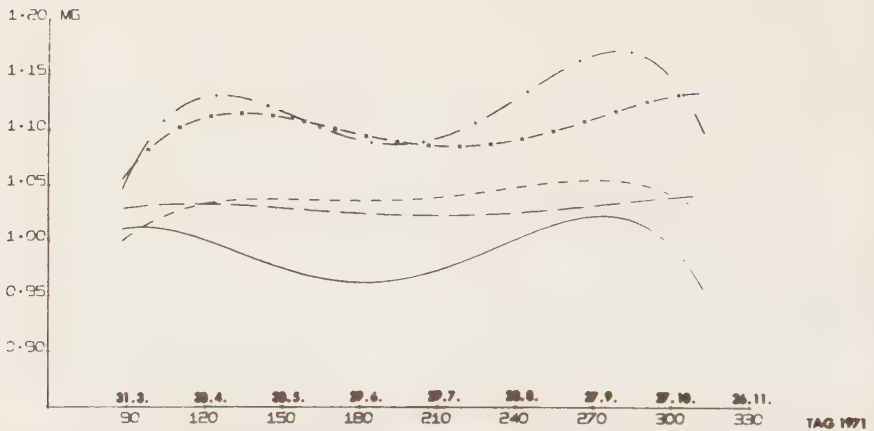


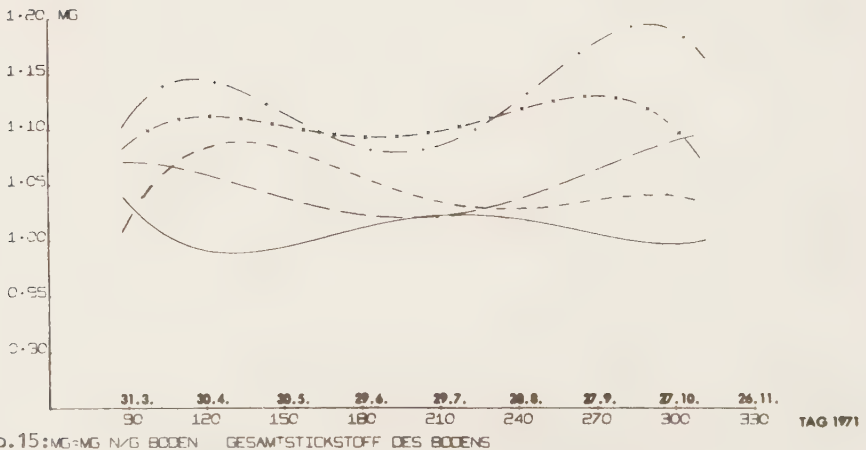
Abb. 13: MG-MG N/G BODEN GESAMTSTICKSTOFF DES BODENS

Kontrolle	—	MET 10 VAR. 2
Gründüngung	---	MET 10 VAR. 6
50 dz/ha Stroh	...	MET 10 VAR. 10
100 dz/ha Stroh	- . - . - .	MET 10 VAR. 14
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 10 VAR. 18

$\frac{N}{20}$



<u>N₆₀</u>	Kontrolle	—	MET 10 VAR. 3
	Gründüngung	- - - - -	MET 10 VAR. 7
	50 dt/ha Stroh		MET 10 VAR. 11
	100 dt/ha Stroh	- . - . -	MET 10 VAR. 15
	50 dt/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 10 VAR. 19



<u>N₆₀</u>	Kontrolle	—	MET 10 VAR. 4
	Gründüngung	- - - - -	MET 10 VAR. 8
	50 dt/ha Stroh		MET 10 VAR. 12
	100 dt/ha Stroh	- . - . -	MET 10 VAR. 16
	50 dt/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 10 VAR. 20

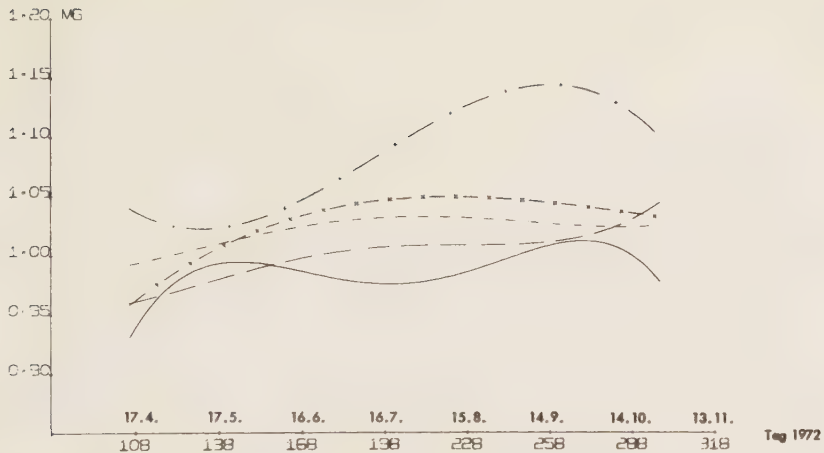


Abb. 16 MG=MG N/G BODEN GESAMTSTICKSTOFF DES BODENS

N₀

Kontrolle	— — — — —	MET 10 VAR- 1
Gründüngung	- - - - -	MET 10 VAR- 5
50 dz/ha Stroh	· · · · ·	MET 10 VAR- 9
100 dz/ha Stroh	- · - · -	MET 10 VAR- 13
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 10 VAR- 17

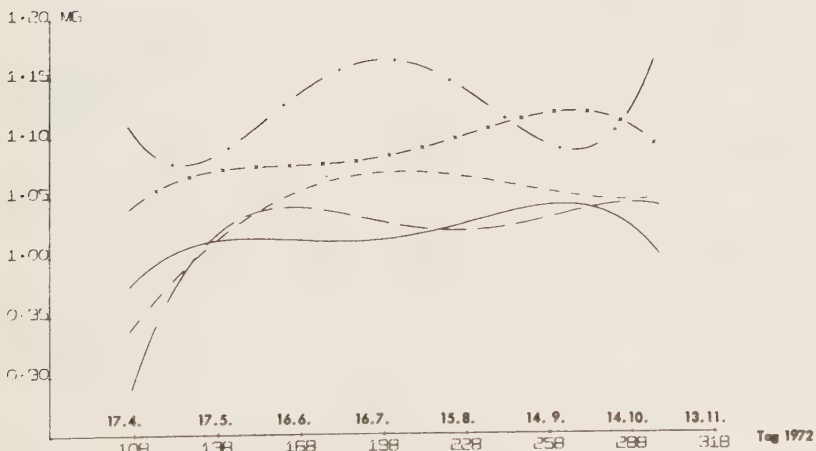


Abb. 17 MG=MG N/G BODEN GESAMTSTICKSTOFF DES BODENS

N₇₅

Kontrolle	— — — — —	MET 10 VAR- 3
Gründüngung	- - - - -	MET 10 VAR- 7
50 dz/ha Stroh	· · · · ·	MET 10 VAR- 11
100 dz/ha Stroh	- · - · -	MET 10 VAR- 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 10 VAR- 19

tionszeit können nicht gedeutet werden, da diese die zugeführte Stickstoffmenge weit überschreiten.

Um die Wirkung der langjährigen organischen Düngung auf den Stickstoffgehalt zu erfassen, werden die Mittelwerte für die einzelnen Stickstoffdüngungsstufen berechnet und in der Tabelle 11 zusammengestellt.

Die Mittelwerte aus allen organischen Düngungsvarianten für jede Stickstoffstufe zeigen eine eindeutige Beziehung zwischen der Höhe der Stickstoffgabe und dem Gehalt an Stickstoff im Boden. In beiden Jahren liegen die Stickstoffwerte der N_0 -Variante am tiefsten, die der Varianten N_{20} und N_{40} etwa in einer Höhe und die der Variante N_{60} ist am höchsten.

Tabelle 11

Stickstoffgehalt des Bodens (mg N/g Boden)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kontrolle	Gründüngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	0.986	1.035	1.040	1.097	1.082
1972	0.997	1.007	1.029	1.104	1.055

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N_0	N_{20}	$N_{40(75)}$	N_{60}
1971	1,022	1.054	1.052	1.065
1972	1.023		1.055	

In beiden Jahren zeigt danach der Stickstoffgehalt eine steigende Tendenz in folgender Reihenfolge:

Kontrolle < Gründüngung < 50 dz/ha Stroh < 50 dz/ha Stroh
+ Gründüngung < 100 dz/ha Stroh

4.2.3 Das C/N-Verhältnis im Boden (C/N)

Wie aus den Tabellen (Anhang 6 und 7) hervorgeht, schwankt das C/N-Verhältnis im Boden in Abhängigkeit von den verschiedenen Düngungsmaßnahmen im Laufe der Vegetationsperiode zwischen 8,6 und 10,5. Das mittlere C/N-Verhältnis liegt bei 9,6.

In beiden Untersuchungsjahren stimmen die Veränderungen des C/N-Verhältnisses während der Vegetationsperiode etwa mit denen des Kohlenstoffgehaltes überein. Es ist auch hier das charakteristische Maximum im Frühjahr und im Herbst wie auch das Minimum zu Anfang des Sommers erkennbar. Die weitestesten C/N-Verhältnisse sind nach der Strohdüngung festzustellen.

Der Einfluß der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung auf C/N sind aus Tabelle 12 ersichtlich.

Tabelle 12

Das C/N-Verhältnis im Boden

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	9.48	9.34	9.54	9.76	9.58
1972	9.49	9.35	9.53	9.81	9.63

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

1971	9.58	9.48	9.62	9.53
1972	9.57		9.56	

In Abhängigkeit von der organischen Düngung zeigt sich das weiteste C/N-Verhältnis bei der mit 100 dz Stroh/ha gedüngten Variante, da die Stickstoffgehalte (siehe Seite 48) nicht den steigenden Kohlenstoffgehalten

(siehe Seite 43) gefolgt sind. Das engste C/N-Verhältnis wird bei der Variante mit Gründüngung gefunden, was auf einen relativen Anstieg des Stickstoffgehaltes in dieser Variante zurückgeführt werden kann (siehe Seite 48).

Der Einfluß der organischen Düngung zeigt in beiden Versuchsjahren folgende Tendenz:

Kontrolle > Gründüngung < 50 dz/ha Stroh < 50 dz/ha Stroh
+ Gründüngung < 100 dz/ha Stroh.

Eine Wirkung der Stickstoffdüngung auf das C/N-Verhältnis ist nicht zu beobachten. Das mittlere C/N-Verhältnis der ganzen Vegetationsperiode ist in den beiden Untersuchungsjahren annähernd gleich.

4.2.4 Pyrophosphat-Natronlaugeextrakt (PNE)

Von KONONOWA et al. (1961) wurde 0,1 n Natrium-Pyrophosphat (eingestellt auf pH 7,0) zur Extraktion der Huminstoffe aus Böden verwendet. Im Unterschied zu einer wiederholten Natronlaugebehandlung des Bodens nimmt die Extraktion von Huminstoffen mit der Natrium-Pyrophosphatlösung nur einige Stunden in Anspruch. Die extrahierte Menge nimmt mit steigendem pH-Wert der Natrium-Pyrophosphatlösung zu und die höchste Menge an Huminstoffen wird extrahiert, wenn ein Gemisch von 0,2 n Natrium-Pyrophosphat und 0,1 n Natronlauge (pH ungefähr 13) angewendet wird. Untersuchungen über Huminstoffsysteme in mitteleuropäischen Böden zeigen (SÖCHTIG, 1972), daß nur ein Teil der Huminstoffe extrahierbar ist und damit Rückschlüsse aus den Messungen an den Extrakten nur auf diesen Teil der im Boden vorhandenen organischen Stoffe bezogen werden können.

In der vorliegenden Arbeit wurde mit einem Gemisch aus 0,2 n Natrium-Pyrophosphat und 0,1 n Natronlauge extrahiert. In den Extrakten wird der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt bestimmt, sowie die Extinktion bei 400, 500, 600 und 700 nm gemessen. Aus den erhaltenen Werten werden das C/N-Verhältnis im PNE, die

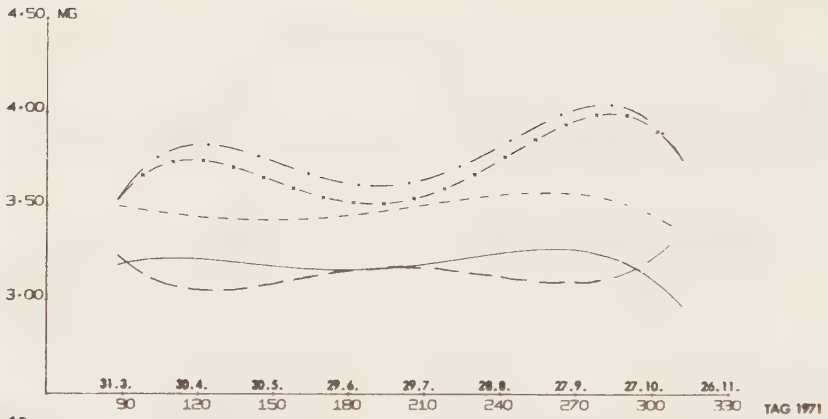
spezifische Extinktion und die Extinktionsquotienten berechnet.

4.2.4.1 Kohlenstoffgehalt des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes (C-PNE)

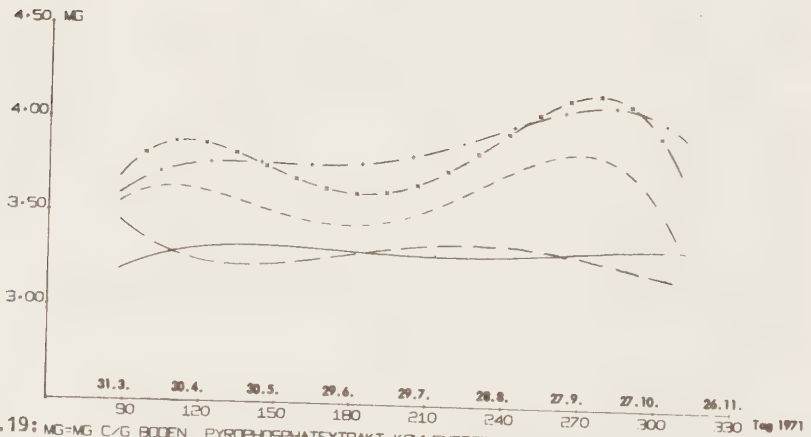
Wie bei der Bestimmung des Gesamtkohlenstoffgehaltes des Bodens wird der Kohlenstoffgehalt des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes durch nasse Oxydation mit Kaliumbichromat bestimmt und die erhaltenen Werte in mg Kohlenstoff/g Boden angegeben. Um die Veränderungen des Kohlenstoffgehaltes während der beiden untersuchten Vegetationsperioden darzustellen, wurden wie in den bereits beschriebenen Fällen Regressionskurven vierten Grades für jede Variante berechnet und graphisch dargestellt (Abbildung 18 - 23 und Anhang 8 - 11).

Im Verlauf der Vegetationsperiode 1971 ist bei fast allen Varianten von Anfang bis Ende April eine steigende Tendenz im Kohlenstoffgehalt bis zum ersten Maximum bis Ende Mai festzustellen. Nach diesem Maximum nehmen die Werte ab und erreichen Mitte bis Ende Juli ein Minimum. Mit dem Mähdrusch der Sommergerste und der Strohdüngung Anfang bis Mitte August steigen die Kohlenstoffgehalte wiederum an und bilden Anfang Oktober ein zweites Maximum. Danach erfolgt eine Abnahme der Kohlenstoffwerte. Im Versuchsjahr 1972 zeigt die Änderung des Kohlenstoffgehaltes im Frühjahr einen anderen Verlauf als im Jahre 1971. Die Werte sind zu Beginn des Frühjahrs höher, nehmen dann schneller ab und erreichen bereits in der zweiten Junihälfte das Minimum. Anschließend erfolgt zum Herbst der gleiche Anstieg der Kohlenstoffgehalte wie 1971. Aus den in den Tabellen (Anhang 8 - 9) aufgeführten t-Werten ergibt sich, daß die durch die polynominalen Regressionskurven aufgezeichneten Abläufe in den meisten Fällen keine gesicherte Differenz zwischen Maximum und Minimum haben.

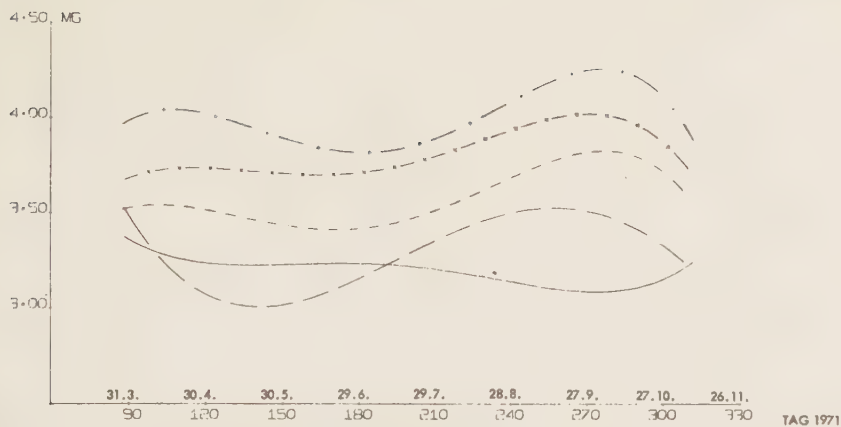
In den Tabellen 13 und 14 ist der Einfluß der langjährigen organischen Düngung im oberen Teil und der Stickstoffdüngung im unteren Teil der Tabellen anhand von Mittelwerten der beiden Untersuchungsjahre zusammengefaßt. Dabei ist in der Tabelle 13 der Kohlenstoffgehalt in mg/g Boden im Pyrophosphat-Natronlaugeextrakt und



N₉

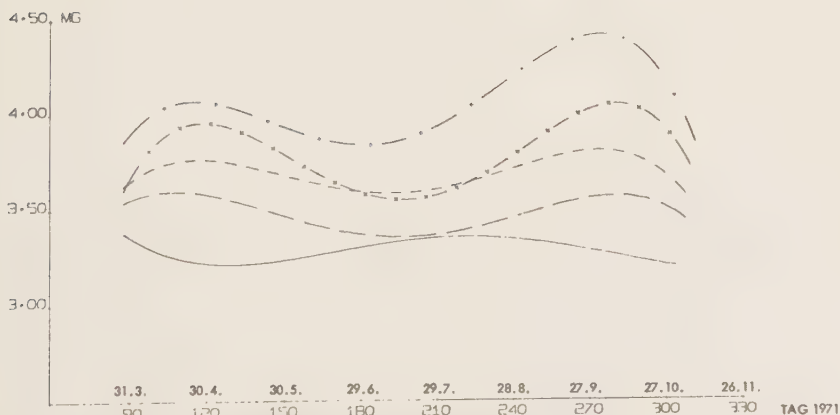


N₂₀



N₄₀

Kontrolle	—	MET 5 VAR- 3
Gründüngung	- - -	MET 5 VAR- 7
50 dz/ha Stroh	...	MET 5 VAR- 11
100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 5 VAR- 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 5 VAR- 19



N₆₀

Kontrolle	—	MET 5 VAR- 4
Gründüngung	- - -	MET 5 VAR- 8
50 dz/ha Stroh	...	MET 5 VAR- 12
100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 5 VAR- 16
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 5 VAR- 20

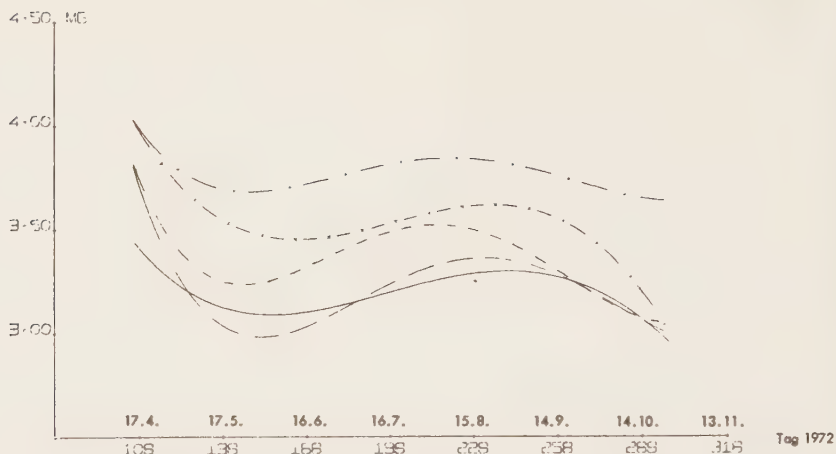


Abb. 22: MG = MG C/G BODEN PYROPHOSPHATEXTRAKT-KOHLENSTOFF

N₀

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

MG S VAR. 1
MG S VAR. 5
MG S VAR. 9
MG S VAR. 13
MG S VAR. 17



Abb. 23: MG = MG C/G BODEN PYROPHOSPHATEXTRAKT-KOHLENSTOFF

N₇₅

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

MG S VAR. 3
MG S VAR. 7
MG S VAR. 11
MG S VAR. 15
MG S VAR. 19

in der Tabelle 14 der mit NPE extrahierbare Anteil in % vom Gesamtkohlenstoffgehalt aufgeführt.

Tabelle 13

Kohlenstoffgehalt des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes (mg C/g Boden)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	3.24	3.30	3.56	3.98	3.75
1972	3.25	3.25	3.45	3.85	3.62

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀ (75)	N ₆₀
1971	3.44	3.55	3.57	3.63
1972	3.41		3.56	

Tabelle 14

Anteil des Kohlenstoffes im Pyrophosphatextrakt vom Gesamtkohlenstoff des Bodens (in %)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	34.7	34.3	35.8	36.3	36.2
1972	34.4	34.7	35.2	35.2	35.5

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀ (75)	N ₆₀
1971	35.3	35.8	35.3	35.8
1972	34.8		35.2	

Die Menge an C-NPE zeigt in beiden Untersuchungsjahren in Abhängigkeit von der organischen Düngung (Tabelle 13) folgende steigende Tendenz:

Kontrolle $\approx$ Gründüngung < 50 dz/ha Stroh < 50 dz Stroh
+ Gründüngung < 100 dz/ha Stroh

Diese Tendenz wird für den mit PNE extrahierbaren Anteil (Tabelle 14) für das Jahr 1971 ebenfalls beibehalten, während im Jahre 1972 die drei mit Stroh gedüngten Varianten keinen Unterschied aufweisen. Der extrahierbare Anteil des Gesamtkohlenstoffgehaltes liegt im Mittel bei ca. 35%.

Mit steigender Stickstoffgabe nimmt der C-PNE (Tabelle 13) in beiden Versuchsjahren zu, die Zunahme hat aber keinen Einfluß auf die Extrahierbarkeit (Tabelle 14).

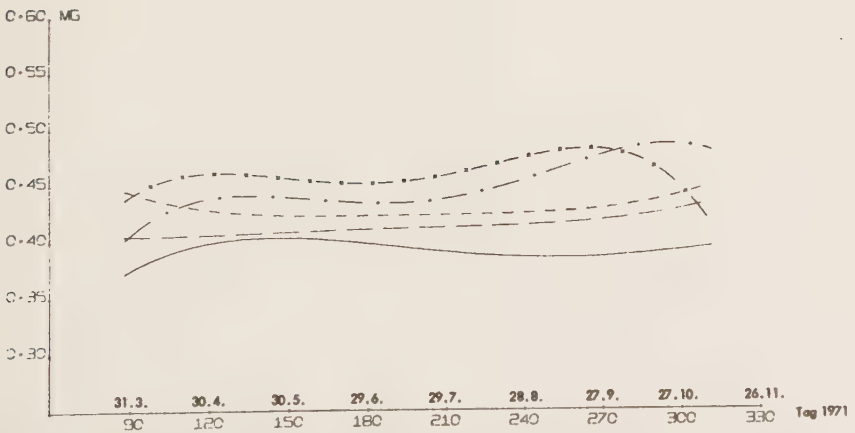
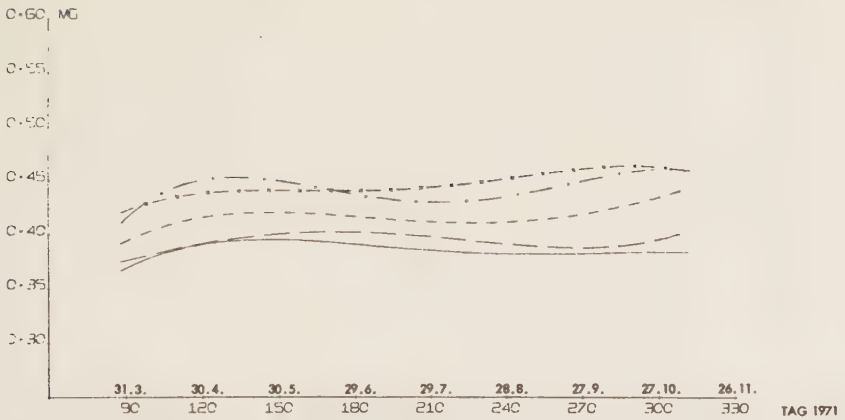
4.2.4.2

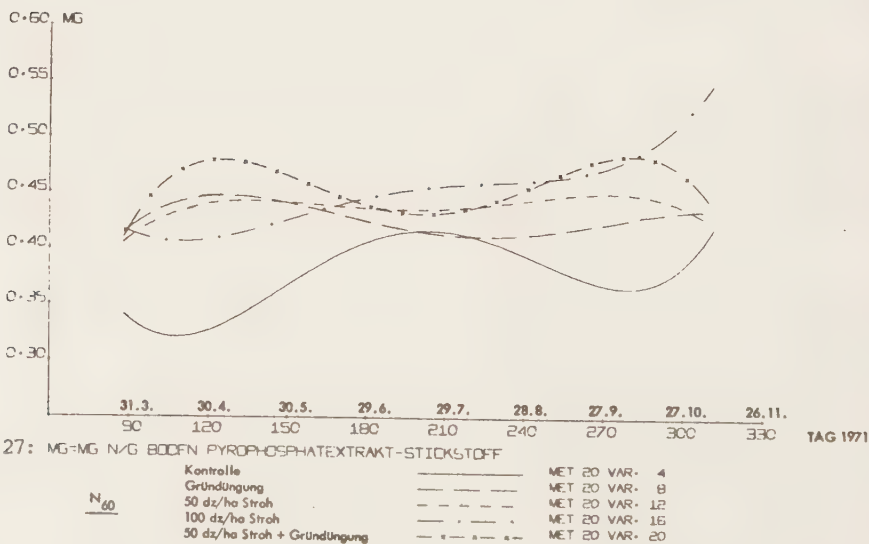
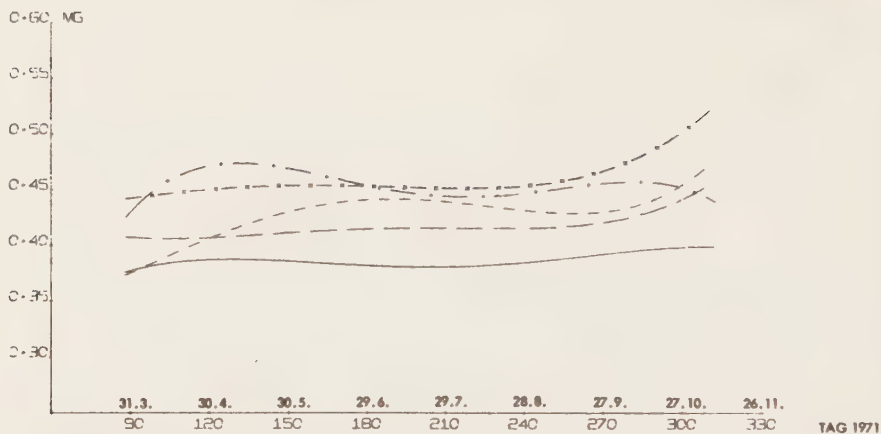
Stickstoffgehalt des Natrium-Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes (N-PNE)

Der Stickstoffgehalt im Natrium-Pyrophosphat-Natronlaugeextrakt ist in den Abbildungen 24 - 29 und in Tabellen, Anhang 12 und 13, dargestellt.

Die t-Werte sind in den Untersuchungen beider Jahre etwa gleich hoch. Ihr Anteil bezogen auf die Stickstoffgehalte liegt zwischen 12,4% im Jahre 1971 und 11,4% im Jahre 1972. In den meisten Fällen sind die Extremwerte im N-PNE im Laufe der Vegetationsperiode und in Abhängigkeit von den Düngervarianten gegeneinander statistisch gesichert.

Im Verlaufe der Vegetationszeit sind die Unterschiede im N-PNE gering. Jedoch deuten sich trotz des monotoneren Verlaufes der Kurven die in den bereits beschriebenen Untersuchungsergebnissen beobachteten Maxima im Frühjahr und Herbst getrennt durch ein Minimum im Sommer im Versuchsjahre 1971 an. Der hier zu unterschiedliche Kurvenverlauf bei der Kontrolle und bei 100 dz/ha Stroh bei N_{60} (Abbildung 27) kann nicht erklärt werden. Im Versuchsjahr 1972 dagegen ist nach dem Frühjahrsmaximum in fast allen Kurven eine Verminderung im N-PNE bis zum Spätherbst hin festzustellen. Ein Einbau der Stickstoffausgleichsgabe und des nicht in der Vegetation ausgenutzten Stickstoffs in den extrahierbaren Anteil scheint danach nicht stattgefunden zu haben.





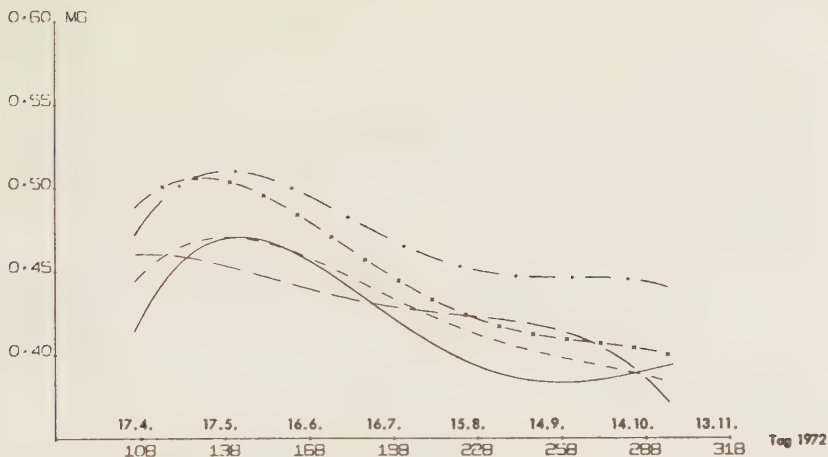


Abb. 28: MG-MG N/G BODEN PYROPHOSPHATEXTRAKT-STICKSTOFF

N_0

Kontrolle ———— MET 20 VAR. 1
 Gründüngung - - - - - MET 20 VAR. 5
 50 dz/ha Stroh MET 20 VAR. 9
 100 dz/ha Stroh - · - · - MET 20 VAR. 13
 50 dz/ha Stroh + Gründüngung - - - - - MET 20 VAR. 17

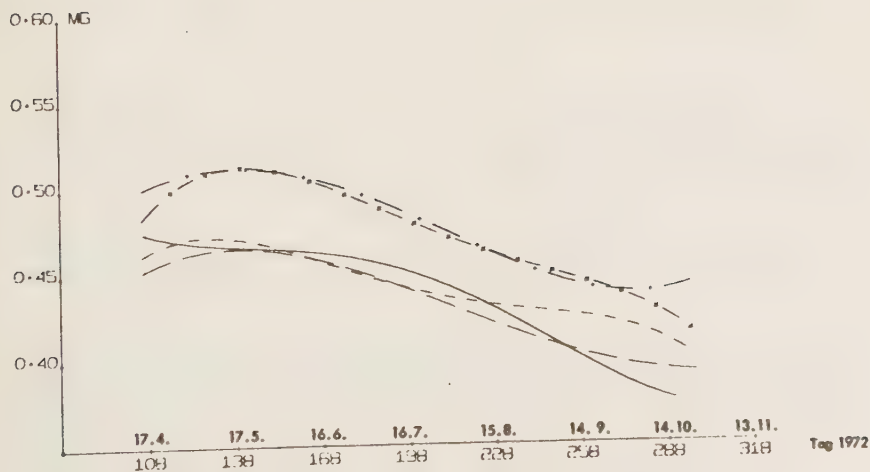


Abb. 29: MG-MG N/G BODEN PYROPHOSPHATEXTRAKT-STICKSTOFF

N_{75}

Kontrolle ———— MET 20 VAR. 3
 Gründüngung - - - - - MET 20 VAR. 7
 50 dz/ha Stroh MET 20 VAR. 11
 100 dz/ha Stroh - · - · - MET 20 VAR. 15
 50 dz/ha Stroh + Gründüngung - - - - - MET 20 VAR. 19

Tabelle 15Stickstoffgehalt des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes (mg N/g Boden)Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	0.388	0.413	0.427	0.448	0.452
1972	0.428	0.430	0.435	0.474	0.461

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	0.416	0.427	0.429	0.431
1972	0.439		0.452	

Die für den C-PNE angegebene Reihenfolge in Abhängigkeit der organischen Düngung ist im N-PNE in beiden Versuchsjahren wiederzufinden (Tabelle 15, oben).

Mit steigender Stickstoffdüngung nimmt in beiden Versuchsjahren der mittlere N-PNE zu (Tabelle 15, oben).

4.2.4.3

Das C/N-Verhältnis im Natrium-Pyrophosphat-Natronlaugeextrakt (C/N-PNE)

Die errechneten C/N-PNE für alle Probenentnahmedaten in den Versuchsjahren 1971 und 1972 sind in Tabellen, Anhang 14 und 15, zusammengefaßt. Während der Vegetationsperiode im Jahre 1971 sind die Unterschiede in den C/N-Verhältnissen gering. Im Jahre 1972 sind verhältnismäßig größere Unterschiede zu beobachten. Im Frühjahr sind die C/N-Verhältnisse etwas enger, das heißt, der Anteil an Stickstoff in der extrahierten organischen Substanz ist höher. Nach Anfang Juni tritt eine Erweiterung der C/N-Verhältnisse ein und erreicht ein

Maximum Ende August. Im Anschluß hieran wird das C/N-PNE wieder enger.

Tabelle 16

Das C/N-Verhältnis im Pyrophosphat-Natronlaugeextrakt

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	8.35	7.99	8.34	8.71	8.29
1972	7.64	7.59	7.97	8.14	7.89

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀ (75)	N ₆₀
1971	8.26	8.33	8.33	8.43
1972	7.71		7.90	

Die Mittelwerte der C/N-PNE für die beiden Versuchsjahre zeigen in Abhängigkeit von der organischen Düngung (Tabelle 16, oben), das engste Verhältnis bei der Gründüngungsvariante und das weiteste bei der Variante mit 100 dz/ha Stroh. Die drei anderen Varianten liegen in unterschiedlicher Reihenfolge zwischen den beiden Extremwerten. Die C/N-PNE sind im Jahre 1972 enger als im Jahre 1971.

Ein entsprechender Vergleich für die Stickstoffdüngungsstufen (Tabelle 16, oben) zeigt überraschenderweise, daß das C/N-PNE mit steigender N-Düngung weiter wird.

4.2.4.4 Extinktion (E-PNE) und die spezifische Extinktion des Natrium-Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes

Zur Differenzierung von Huminstoffsystemen wurde die Extinktion bei 500 nm der Extrakte mit 10 ml/g Boden gemessen und die spezifische Extinktion daraus auf 1 mg/10 ml berechnet.

Die in beiden Untersuchungsjahren gemessenen Extinktionen sind wiederum als polynomiale Regressionskurven in den Abbildungen 30 - 35 sowie in Tabellen, Anhang 16 und 17 und die spezifische Extinktion in Tabellen, Anhang 18 - 19, wiedergegeben.

Die E-PNE (Abbildung 30 - 35) zeigt in beiden Untersuchungsjahren ein Maximum Anfang Mai, das etwas später im Jahresverlauf auftritt als das entsprechende Maximum im C-PNE des Jahres 1971 (Abbildung 20 - 23) und im Gegensatz zu dem anderen Verlauf der Zeitkurve des C-PNE des Jahres 1972 (Abbildung 24 und 25). Das Minimum im Sommer liegt ebenfalls etwas später als das C-PNE-Minimum. Im Spätherbst ist kein Maximum zu erkennen, da die Meßwerte bis zum letzten Untersuchungstermin hin ansteigen.

Die spezifische Extinktion des PNE (Anhang 18 und 19) verhält sich während der Vegetationsperiode annähernd reziprok zum C-PNE, das heißt, daß mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt im Extrakt die Farbtiefe der Lösung geringer wird und mit abnehmendem Kohlenstoffgehalt ansteigt.

Zur Darstellung des Einflusses der langjährigen organischen Düngung und der Stickstoffdüngung auf die spezifische Extinktion sind die Mittelwerte der Varianten der beiden Versuchsjahre in Tabelle 17 zusammengefaßt.

Tabelle 17

Spezifische Extinktion des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes (E 500 nm/mgC/10ml)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	0.326	0.324	0.314	0.301	0.303
1972	0.340	0.340	0.334	0.317	0.326

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

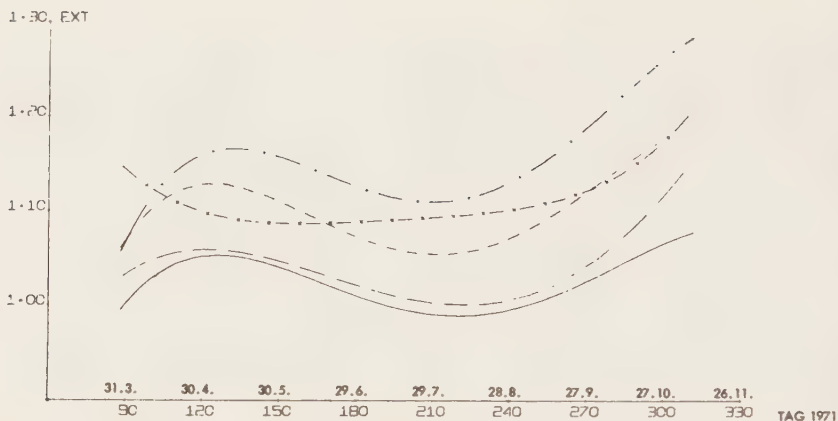
	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	0.327	0.311	0.314	0.313
1972	0.332		0.331	

Bei den organischen Varianten ist bei allgemein höheren Werten im Jahre 1972 ein Einfluß der Höhe der organischen Düngung auf die spezifische Extinktion zu erkennen. Sie zeigt in der Reihenfolge steigender Zufuhr an organischer Masse von der

Kontrolle > Gründüngung > 50 dz/ha Stroh > Stroh + Gründüngung
> 100 dz/ha Stroh

eine abnehmende Tendenz.

Die Höhe der Stickstoffdüngung hat auf die spezifische Extinktion keinen Einfluß in den beiden einzelnen Versuchsjahren.



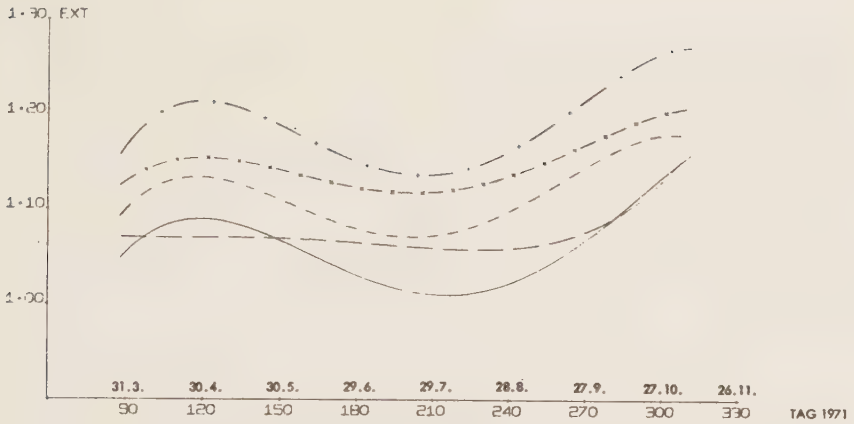


Abb. 32: EXT=EXTINKTION 10 ML/G BODEN PYROPHOSPHATEXTRAKT

N₄₀

Kontrolle	— — — — —	MET 1 VAR. 3
Gründüngung	- - - - -	MET 1 VAR. 7
50 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 1 VAR. 11
100 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 1 VAR. 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 1 VAR. 19

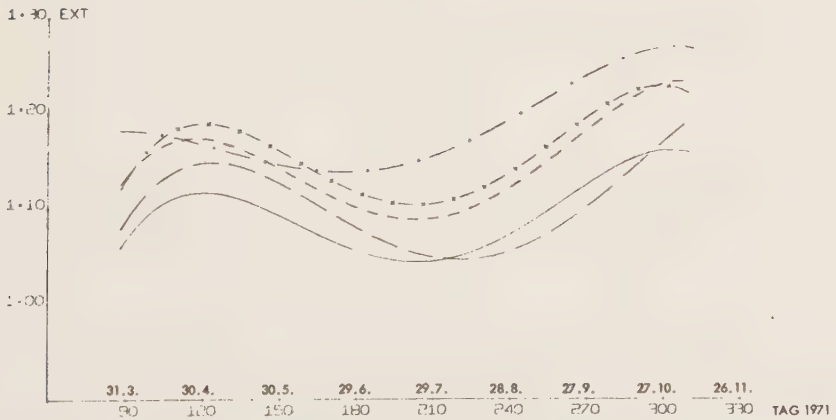


Abb. 33: EXT=EXTINKTION 10 ML/G BODEN PYROPHOSPHATEXTRAKT

N₆₀

Kontrolle	— — — — —	MET 1 VAR. 4
Gründüngung	- - - - -	MET 1 VAR. 8
50 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 1 VAR. 12
100 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 1 VAR. 16
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 1 VAR. 20

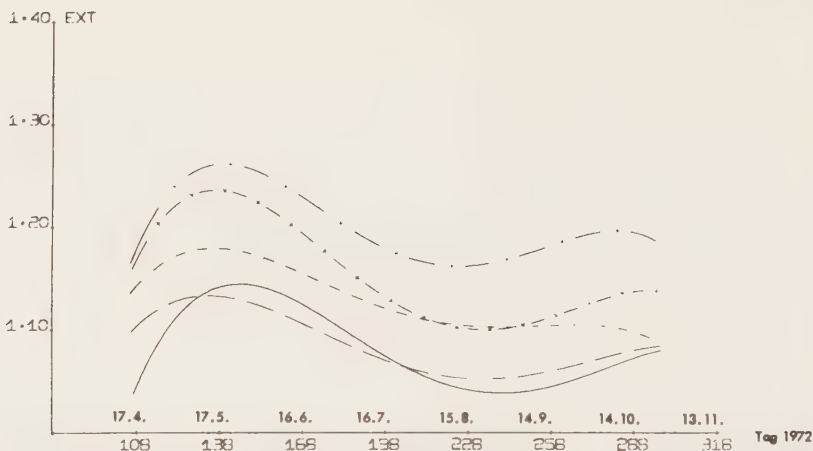


Abb. 34: EXT=EXTINKTION 10 ML/G BODEN PYROPHOSPHATEXTRAKT

N₀

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

MET 1 VAR. 1
MET 1 VAR. 5
MET 1 VAR. 9
MET 1 VAR. 13
MET 1 VAR. 17



Abb. 35: EXT=EXTINKTION 10 ML/G BODEN PYROPHOSPHATEXTRAKT

N₇₅

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

MET 1 VAR. 1
MET 1 VAR. 7
MET 1 VAR. 11
MET 1 VAR. 15
MET 1 VAR. 19

4.2.4.5 Extinktionsquotienten (EQ) des Natrium-Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes

Aus den Untersuchungen von SALFELD (1966, 1973) ist zu entnehmen, daß die logarithmisch aufgetragenen Spektren von Huminstoffsystemen individuelle Abweichungen von einer Geraden zeigen und offenbar mehr Informationen über die Huminstoffsysteme enthalten, als durch die Angabe eines die Steigung allgemein charakterisierenden Quotienten ausgedrückt wird. Um die charakteristischen Merkmale von Huminstoffsystemen exakter zu erfassen, werden deshalb vier Extinktionen, bei 400, 500, 600 und 700 nm gemessen und zur Bestimmung der Steigungen der Spektren in diesen drei Abschnitten aus diesen Werten die drei Extinktionsquotienten 400/500, 500/600 und 600/700 errechnet.

In der vorliegenden Untersuchung soll festgestellt werden, wie weit es möglich ist, die durch die langjährige Behandlung des Bodens mit den verschiedenen Düngungsvarianten entstandenen Unterschiede zu erfassen und den Verlauf in einer Vegetationsperiode als Regressionskurven analog zu dem früheren Vorgehen graphisch darzustellen (Abbildung 36 - 53). Diesen Abbildungen liegen die Zahlen im Anhang 20 - 25 zugrunde.

Durch die in den Tabellen angegebenen t-Werte bei $p = 0,05$ bzw. aus dem Vertrauensbereich der Extinktionsquotienten kann man schließen, daß in den meisten Fällen die Werte in den Zeitserien, insbesondere aber die Extremwerte gegeneinander statistisch gesichert sind.

Ein allgemeiner Vergleich der drei Extinktionsquotienten des PNE zeigt, daß der Verlauf der Regressionskurven des EQ 5/6 während der Vegetationsperiode monotoner ist als bei EQ 4/5 und EQ 6/7 und daß die Regressionskurven der organischen Düngervarianten enger nebeneinander verlaufen.

Im Laufe der Vegetationszeit 1971 zeigten die Kurven für EQ 4/5 bei fast allen Varianten zwei Maxima, jeweils eines im Frühjahr und im Herbst, was dem Verlauf der Kurven für den Gesamtkohlenstoffgehalt im Boden entspricht. Dabei wird auch ein nichtmit dem allgemeinen Verlauf der Kohlenstoffgehaltskurven übereinstimmender Verlauf der Variante 50 dz/ha Stroh in der Regressionskurve des EQ 4/5 widerspiegelt.

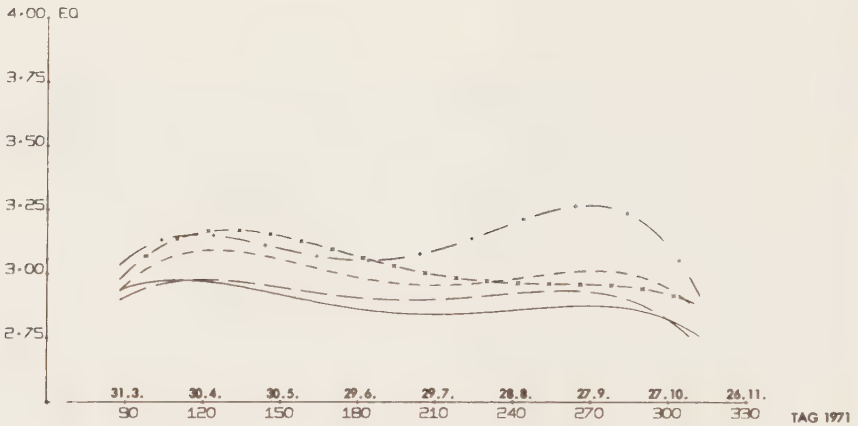


Abb. 36: EO=EXTINKTION

N_0

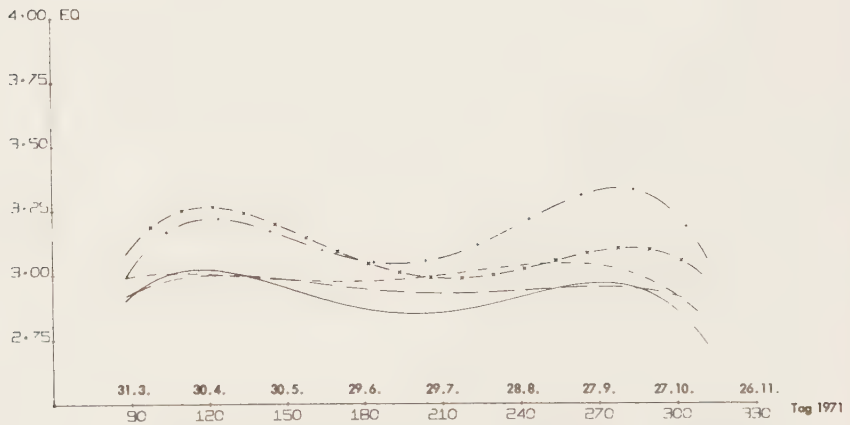
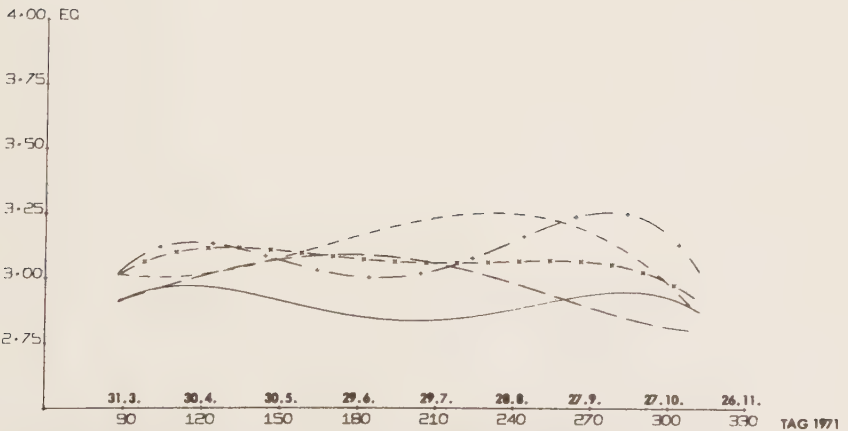
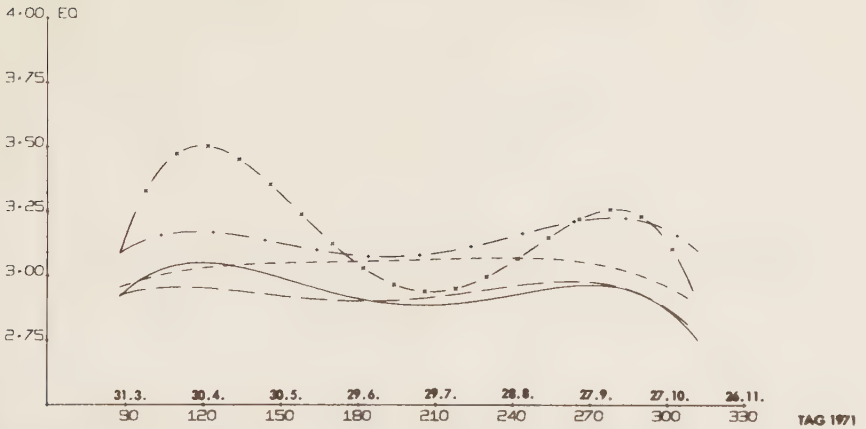


Abb. 37: EO=EXTINKTION

N_{20}



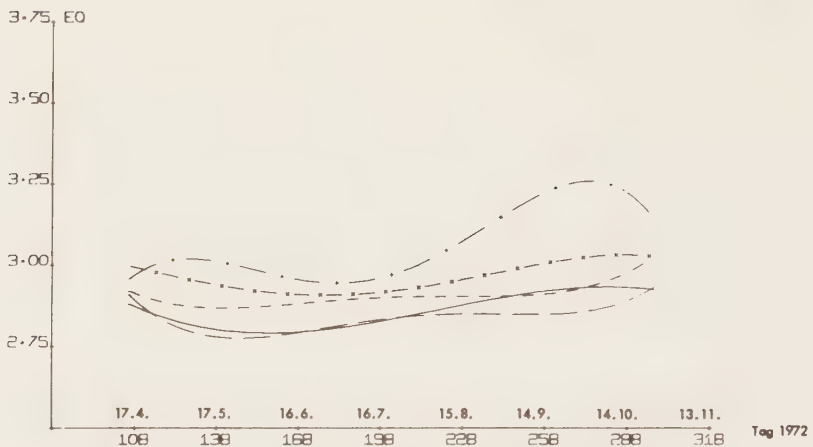


Abb. 40: EO=EXTINKTION

400/500 NM PYROPHOSPHATEXTRAKT

N_0

Kontrolle	—	MET S VAR. 1
Gründüngung	- - -	MET S VAR. 5
50 dz/ha Stroh	...	MET S VAR. 9
100 dz/ha Stroh	- . - .	MET S VAR. 13
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET S VAR. 17

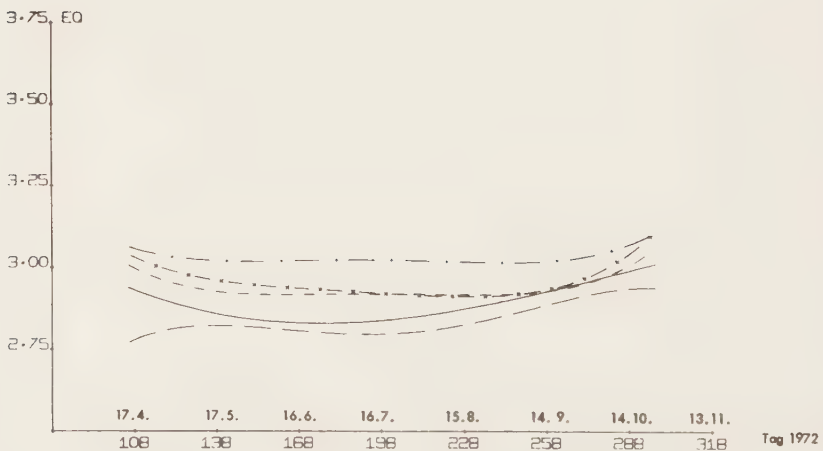


Abb. 41: EO=EXTINKTION

400/500 NM PYROPHOSPHATEXTRAKT

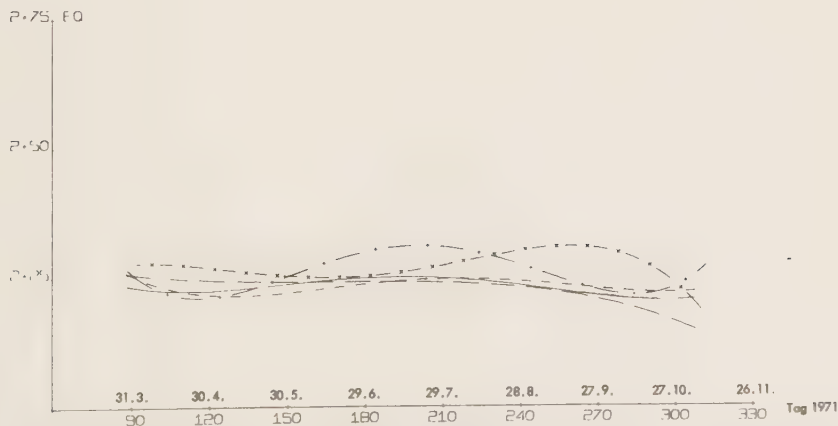
N_{75}

Kontrolle	—	MET S VAR. 3
Gründüngung	- - -	MET S VAR. 7
50 dz/ha Stroh	...	MET S VAR. 11
100 dz/ha Stroh	- . - .	MET S VAR. 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET S VAR. 19



N_0

Kontrolle	—	MET 6 VAR. 1
Gründüngung	—	MET 6 VAR. 5
50 dz/ha Stroh	—	MET 6 VAR. 9
100 dz/ha Stroh	—	MET 6 VAR. 13
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	—	MET 6 VAR. 17



N_{20}

Kontrolle	—	MET 6 VAR. 2
Gründüngung	—	MET 6 VAR. 6
50 dz/ha Stroh	—	MET 6 VAR. 10
100 dz/ha Stroh	—	MET 6 VAR. 14
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	—	MET 6 VAR. 18

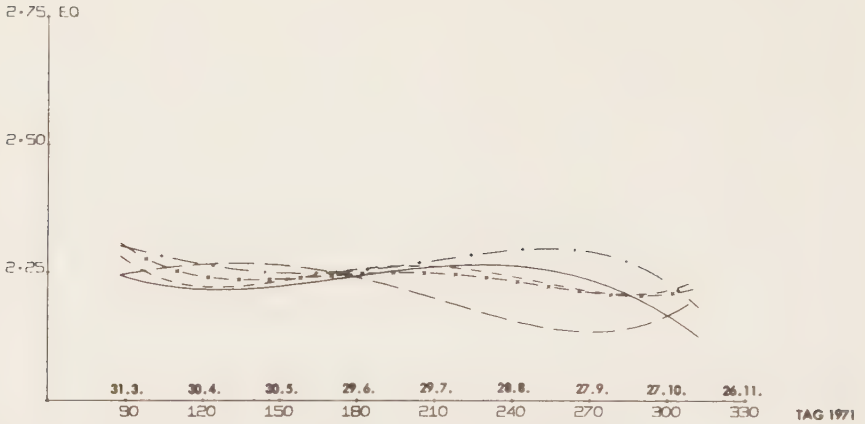




Abb. 46: EQ=EXTINKTION

N_0

	500/600 NM	PYROPHOSPHATEXTRAKT
Kontrolle	—	MET 6 VAR. 1
Gründüngung	—	MET 6 VAR. 5
50 dz/ha Stroh	—	MET 6 VAR. 9
100 dz/ha Stroh	—	MET 6 VAR. 13
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	—	MET 6 VAR. 17

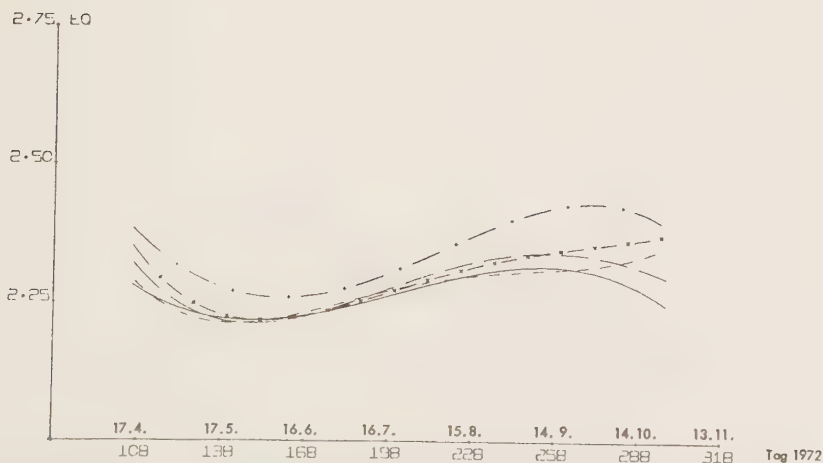


Abb. 47: EQ=EXTINKTION

N_{75}

	500/600 NM	PYROPHOSPHATEXTRAKT
Kontrolle	—	MET 6 VAR. 3
Gründüngung	—	MET 6 VAR. 7
50 dz/ha Stroh	—	MET 6 VAR. 11
100 dz/ha Stroh	—	MET 6 VAR. 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	—	MET 6 VAR. 13

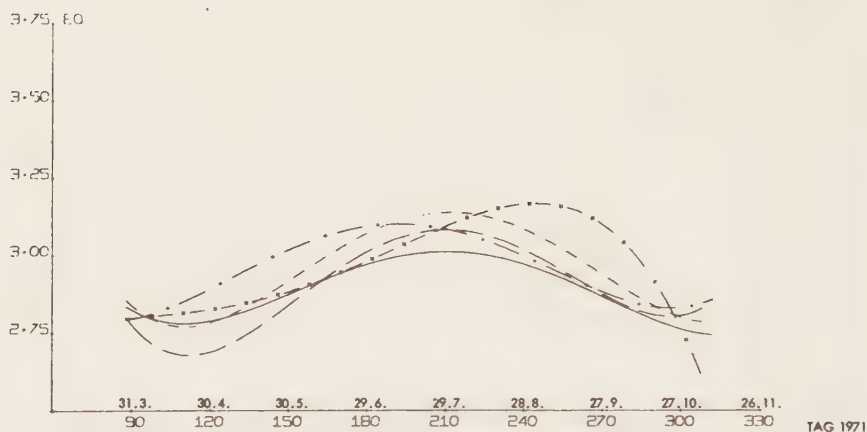


Abb. 48: E0=EXTINKTION

600/700 NM PYROPHOSPHATEXTRAKT

Kontrolle	MET 7 VAR. 1
Gründüngung	MET 7 VAR. 5
50 dz/ha Stroh	MET 7 VAR. 9
100 dz/ha Stroh	MET 7 VAR. 13
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	MET 7 VAR. 17

N_0

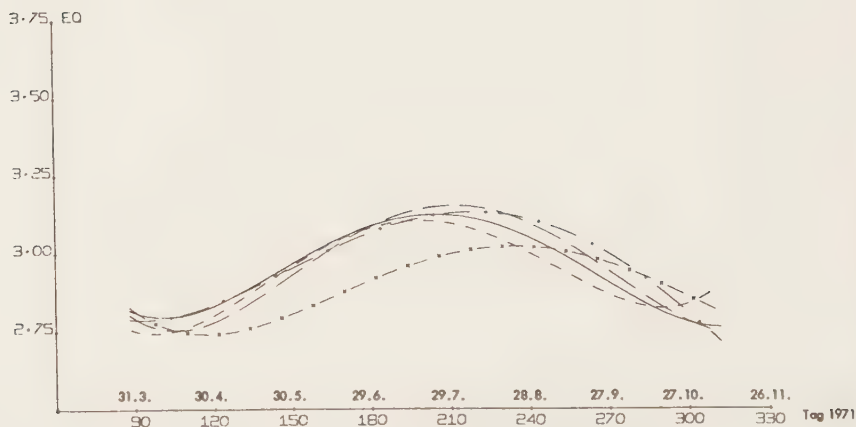


Abb. 49: E0=EXTINKTION

600/700 NM PYROPHOSPHATEXTRAKT

Kontrolle	MET 7 VAR. 2
Gründüngung	MET 7 VAR. 6
50 dz/ha Stroh	MET 7 VAR. 10
100 dz/ha Stroh	MET 7 VAR. 14
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	MET 7 VAR. 18

N_{20}

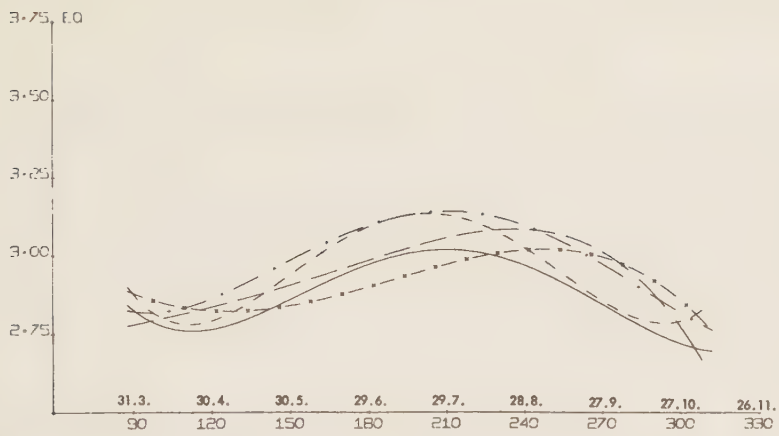


Abb. 50: E0=EXTINKTION

 N_{40}

	600/700 NM	PYROPHOSPHATEXTRAKT
Kontrolle	—	MET 7 VAR. 3
Gründüngung	—	MET 7 VAR. 7
50 dz/ha Stroh	- - -	MET 7 VAR. 11
100 dz/ha Stroh	- . - . -	MET 7 VAR. 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 7 VAR. 19

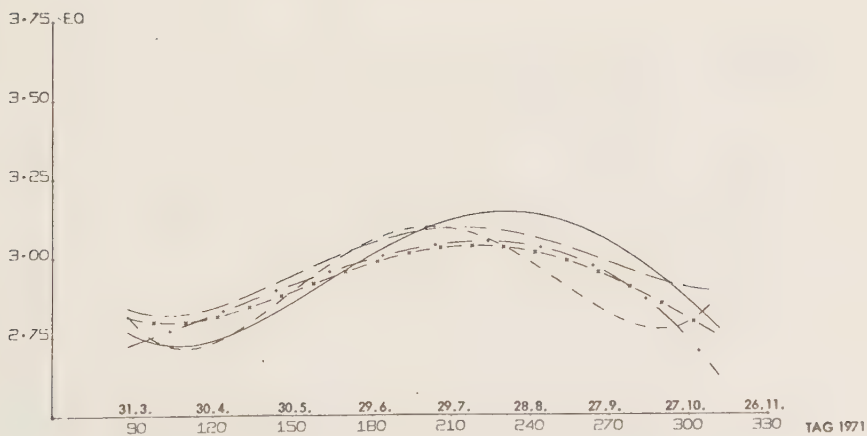
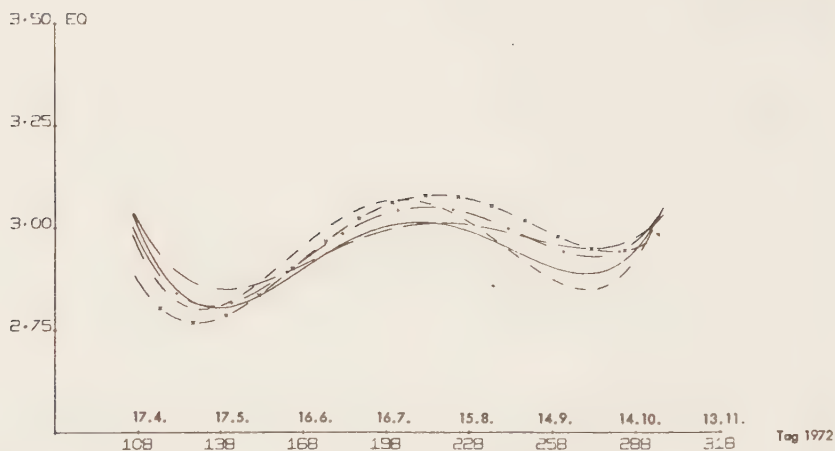


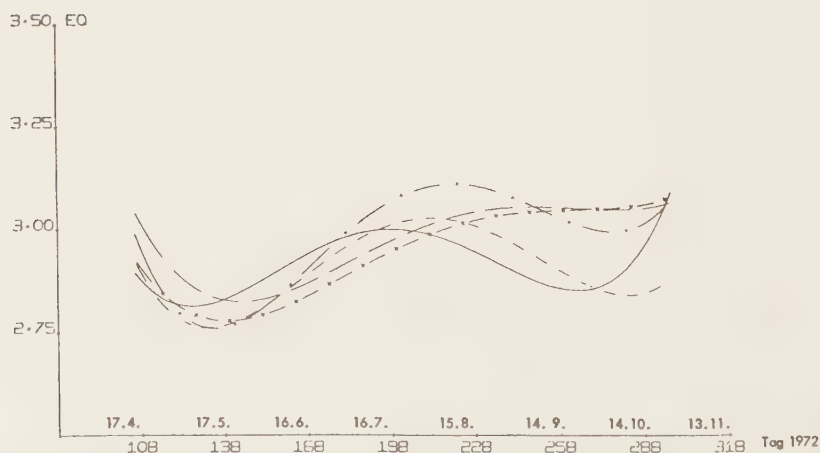
Abb. 51: E0=EXTINKTION

 N_{60}

	600/700 NM	PYROPHOSPHATEXTRAKT
Kontrolle	—	MET 7 VAR. 4
Gründüngung	—	MET 7 VAR. 8
50 dz/ha Stroh	- - -	MET 7 VAR. 12
100 dz/ha Stroh	- . - . -	MET 7 VAR. 16
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 7 VAR. 20



N_0



N_{75}

Weiterhin ist festzustellen, daß die verschiedenen organischen Düngungsvarianten individuelle Zeitkurven haben, die bei allen Stickstoffstufen erhalten bleiben. Die Zeitkurven der Kontrolle haben einen fast horizontalen Verlauf mit zwei angedeuteten Maxima. Die Zeitkurven der Gründungsvarianten sind ebenfalls monoton, abgesehen von der Stickstoffstufe N_{60} , und der Kontrollvariante ähnlich, sowie etwa auf einer Höhe. Bei der 50 dz/ha Stroh-Variante ist im allgemeinen nur ein Maximum vorhanden, das im Vergleich zu den anderen Varianten etwas nach links, das heißt, zu früheren Zeitpunkten hin, verschoben ist. Bei der höchsten Strohdüngungsvariante und der Stroh-Gründungsvariante sind zwei ausgeprägte Maxima, die denen der Kohlenstoffkurve im Frühjahr und im Herbst entsprechen, vorhanden. Das zweite Maximum bei der 100 dz/ha Stroh-Variante ist immer höher als das der anderen Varianten.

Die Zeitkurven des EQ 4/5 des PNE zeigen im Jahre 1972 einen verhältnismäßig ausgeglicheneren Verlauf, insbesondere bei N_{75} (Abbildung 41). Die Abstände der Regressionskurven der verschiedenen organischen Düngungsvarianten untereinander bleiben fast gleich groß.

Die Regressionskurven der EQ 6/7 zeigen einen denen der EQ 4/5 reziproken Verlauf. Es können auch hier individuelle Tendenzen beobachtet werden, die auf die langjährige Anwendung der verschiedenen organischen Dünger zurückzuführen und bei allen Stickstoffstufen erhalten sind. Alle Varianten zeigen ein Maximum im Verlauf der Vegetationszeit, dessen Lage zur Zeitachse von der organischen Düngung abhängt. Das Maximum der 50 dz/ha Stroh-Variante wird Mitte bis Ende Juni beobachtet; das der Stroh-Gründungskombination tritt etwa zwei Monate später, Ende Juli bis Mitte August auf. Das Maximum der anderen Varianten liegt zwischen diesen beiden Terminen. Der Verlauf der Regressionskurven für EQ 6/7 gilt auch für das Jahr 1972.

Die durch die unterschiedliche organische Düngung hervorgerufenen Stoffdifferenzierungen kommen stärker in den EQ 4/5 und EQ 6/7 zum Ausdruck als in den EQ 5/6. In den Kontroll- und Gründungsvarianten tritt eine geringere Veränderung in den Huminstoffsystemen auf, was sich im monotoneren Verlauf der Zeitkurven zeigt. Stärkere Änderungen in den Huminstoff-

fen scheinen vor allem durch die Zufuhr von Stroh zum Boden hervorgerufen zu werden.

In den Tabellen 18 - 20 werden die aus den Zeitkurven der einzelnen organischen Düngungsvarianten errechneten Mittelwerte einander gegenübergestellt.

Tabelle 18

Extinktionsquotienten 400/500 des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	2.89	2.92	3.01	3.10	2.97
1972	2.86	2.83	2.92	3.03	2.95

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	2.96	2.99	3.02	3.01
1972	2.91		2.92	

Tabelle 19

Extinktionsquotienten 500/600 des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	2.22	2.22	2.22	2.27	2.25
1972	2.25	2.27	2.27	2.31	2.28

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	2.19	2.23	2.22	2.24
1972	2.27		2.28	

Tabelle 20Extinktionsquotienten 600/700 des Pyrophosphat-NatronlaugeextraktesMittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	2.89	2.92	3.01	3.10	3.09
1972	2.93	2.96	2.92	2.92	2.94

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₇₀
1971	2.96	2.91	2.91	2.90
1972	2.95		2.94	

Wenn die organischen Düngungsvarianten nach steigenden Extinktionsquotienten geordnet werden, ergeben sich folgende Tendenzen:

Für EQ 4/5

Kontrolle $\approx$ Gründüngung < Stroh + Gründüngung $\approx$ 50 dz/ha Stroh
 50 dz/ha Stroh < 100 dz/ha Stroh (Tabelle 18).

Für EQ 5/6 keine Unterschiede (Tabelle 19).

Für EQ 6/7 im Jahre 1971

Kontrolle < Gründüngung < 50 dz/ha Stroh < Stroh + Gründüngung
 $\approx$ 100 dz /ha Stroh (Tabelle 20)

Im Jahre 1972 keine Unterschiede (Tabelle 20).

Der Einfluß der Höhe der Stickstoffdüngung (in den Tabellen 18 - 20 jeweils untere Hälfte) bleibt ohne Einfluß auf die Extinktionsquotienten.

4.2.5 Huminsäurefraktion (HSF)

An den Lösungen der HSF wurden dieselben Bestimmungen und Messungen durchgeführt, wie an den Lösungen des PNE.

4.2.5.1 Kohlenstoffgehalt der Huminsäurefraktion (C-HSF)

Die Ergebnisse der Kohlenstoffbestimmung in den HSF sind in Zeitkurven (Abbildung 54 - 59) und in den Tabellen Anhang 26 und 27 dargestellt. Die im Ablauf der Vegetationsperioden festgestellten Unterschiede im C-HSF sind im Jahre 1972 besser statistisch gesichert als im Jahre 1971. Dies dürfte auf die Einführung der automatisierten C-Bestimmung, wie bereits bei der Bestimmung des Gesamtkohlenstoffgehaltes im Boden (Seite 38) beschrieben, zurückgeführt werden können.

Im Laufe der Vegetationsperiode 1971 zeigt der C-HSF bei fast allen Varianten einen charakteristischen Verlauf der Regressionskurven. Von der ersten Probenentnahme an läßt sich eine geringe Zunahme im C-HSF beobachten, die im Anfang April das erste Maximum erreicht, gefolgt durch eine Verminderung des C-HSF bis zu einem Minimum in der zweiten Junihälfte. Ein zweites Maximum wird Mitte Oktober erreicht. Der Verlauf der Regressionskurven des Jahres 1972 zeigt im Vergleich zu denen des Jahres 1971 eine Verschiebung nach rechts, das heißt, daß die Maxima und das Minimum zu späteren Zeitpunkten erreicht werden. Erst Mitte Mai läßt sich das erste Maximum erkennen, und nach einer Abnahme der Werte erreicht die Kurve - etwa acht Wochen später als im Jahre 1971 - Mitte September ihr Minimum. Danach steigen die Werte wiederum an. Die unterschiedlichen Zeitkurven der C-HSF kann auf einen verzögerten Mineralisierungsvorgang im Jahre 1972 zurückgeführt werden. Die Änderung der Einflußgrößen auf den Ablauf des Zersetzungsprozesses läßt möglicherweise auf die unterschiedlichen Zeitkurven von C-PNE und C-HSF deuten. Während die Zeitkurven von C-PNE und C-HSF im Jahre 1971 parallel

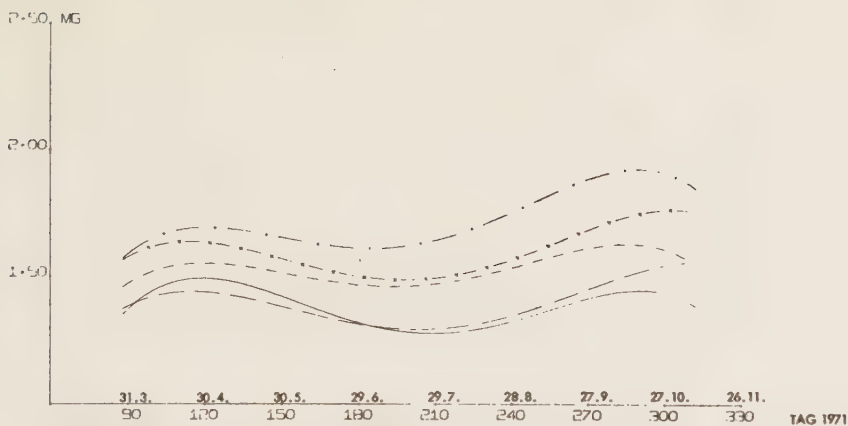


Abb. 54: MG-MG C/G BODEN HUMINSÄUREFRAKTION-KOHLENSTOFF

N₀

Kontrolle	MET 6 VAR. 1
Gründungung	MET 6 VAR. 5
50 dz/ha Stroh	MET 6 VAR. 9
100 dz/ha Stroh	MET 6 VAR. 13
50 dz/ha Stroh + Gründungung	MET 6 VAR. 17

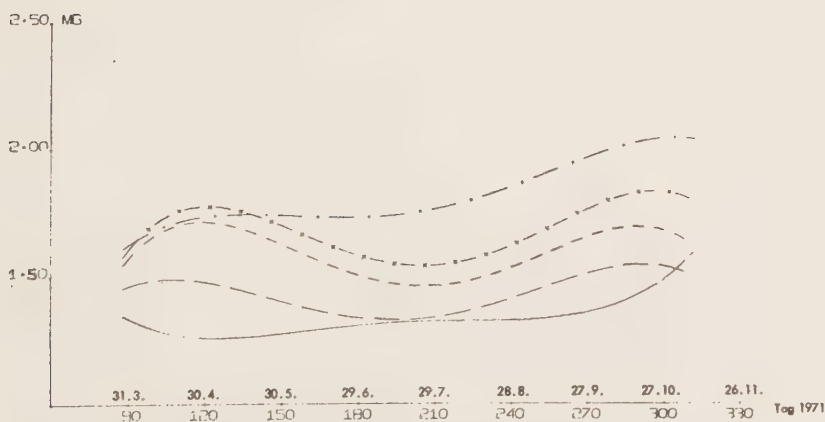
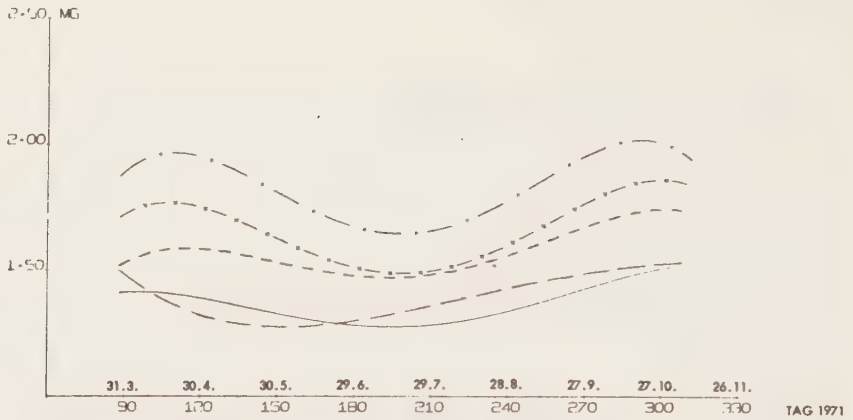


Abb. 55: MG-MG C/G BODEN HUMINSÄUREFRAKTION-KOHLENSTOFF

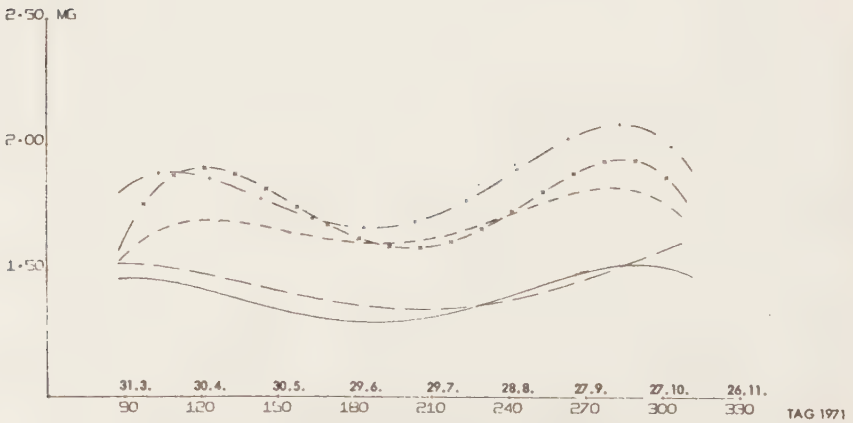
N₂₀

Kontrolle	MET 6 VAR. 2
Gründungung	MET 6 VAR. 6
50 dz/ha Stroh	MET 6 VAR. 10
100 dz/ha Stroh	MET 6 VAR. 14
50 dz/ha Stroh + Gründungung	MET 6 VAR. 18



N₄₀

Kontrolle	-----	MET 6 VAR. 3
Gründüngung	—————	MET 6 VAR. 7
50 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 6 VAR. 11
100 dz/ha Stroh	- . - . -	MET 6 VAR. 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 6 VAR. 13



N₆₀

Kontrolle	-----	MET 6 VAR. 4
Gründüngung	—————	MET 6 VAR. 8
50 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 6 VAR. 12
100 dz/ha Stroh	- . - . -	MET 6 VAR. 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 6 VAR. 20

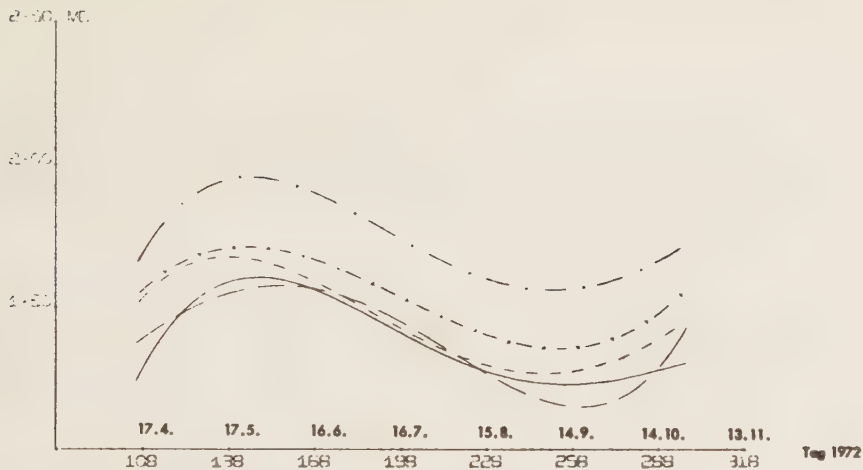


Abb. 58: MG-MG C/G BODEN HUMINSÄUREFRAKTION-KOHLENSTOFF

N₀

Kontrolle	— — — — —	MET 6 VAR- 1
Gründüngung	- - - - -	MET 6 VAR- 5
50 dz/ha Stroh	· · · · ·	MET 6 VAR- 6
100 dz/ha Stroh	- · - · -	MET 6 VAR- 13
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	· - · - ·	MET 6 VAR- 17

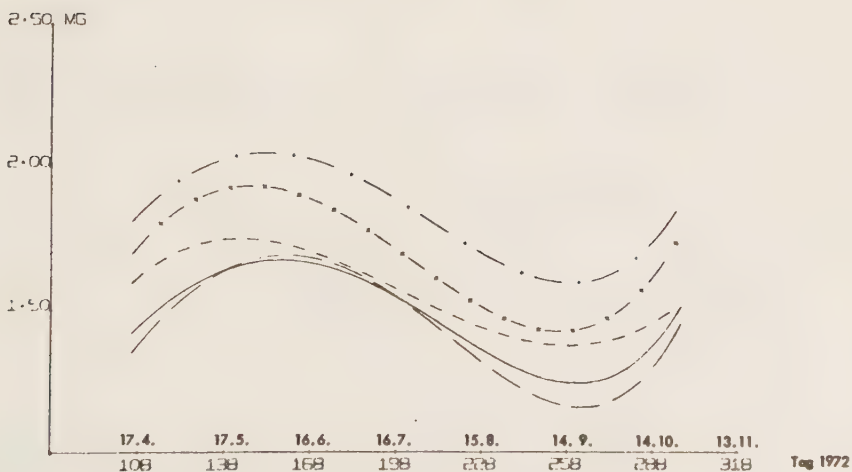


Abb. 59: MG-MG C/G BODEN HUMINSÄUREFRAKTION-KOHLENSTOFF

N₇₅

Kontrolle	— — — — —	MET 6 VAR- 3
Gründüngung	- - - - -	MET 6 VAR- 7
50 dz/ha Stroh	· · · · ·	MET 6 VAR- 11
100 dz/ha Stroh	- · - · -	MET 6 VAR- 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	· - · - ·	MET 6 VAR- 19

zueinander verlaufen, sind die entsprechenden Zeitkurven für das Jahr 1972 einander reziprok. (Dies bedeutet, daß die nicht säurefällbaren Anteile, die Fraktion der Fulvosäuren (FSF) im Jahre 1971 den gleichen Prozentanteil an C-PNE im Jahre 1971 ausmachen, aber im Jahre 1972 eine zu dem C-HSF reziproke Veränderung der C-FSF eintritt).

Den Einfluß der langjährigen unterschiedlichen organischen Düngung auf den C-HSF geben in den oberen Teilen die Tabelle 21 (ausgedrückt in mg C/g Boden) die Tabelle 22 (in % vom Gesamtkohlenstoffgehalt des Bodens) und die Tabelle 23 (in % vom C-PNE) in Mittelwerten der beiden Untersuchungsjahre wieder.

Tabelle 21

Kohlenstoffgehalt der Huminsäurefraktion (mg C/g Boden)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	1.37	1.41	1.58	1.79	1.66
1972	1.42	1.41	1.50	1.78	1.61

Mittelwerte aller Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	1.52	1.56	1.56	1.61
1972	1.49		1.60	

Tabelle 22

Anteil des Kohlenstoffs der Huminsäurefraktion (HSF) in % vom Gesamtkohlenstoff des Bodens

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Gründün- gung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	14.7	14.6	15.8	16.7	16.0
1972	15.0	15.0	15.3	16.4	15.8

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	15.4	15.5	15.4	15.8
1972	15.2		15.8	

Tabelle 23

Anteil des Kohlenstoffs der Huminsäurefraktion (HSF) in % vom Kohlenstoffgehalt des Pyrophosphat-Natronalugeextraktes

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ ha Stroh + Gründüngung
1971	42.4	43.0	44.4	46.0	44.4
1972	44.3	44.3	44.0	46.5	44.9

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	44.2	44.0	43.8	44.4
1972	44.3		45.3	

werden die organischen Varianten nach zunehmendem C-HSF in mg/g Boden geordnet, ergibt sich eine Tendenz in Abhängigkeit von der Menge an zugeführter organischer Substanz:

Kontrolle $\approx$ Gründüngung < 50 dz/ha Stroh < 50 dz/ha Stroh
 + Gründüngung < 100 dz/ha Stroh.

Die gleiche Tendenz ergibt sich, wenn der C-HSF in % des Gesamtkohlenstoffgehaltes des Bodens ausgedrückt wird (Tabelle 22). Wird dagegen der C-HSF in % des C-PNE berechnet (Tabelle 23), so scheint für die Unterschiede zwischen den Werten die Strohdüngung maßgebend zu sein. Es ergeben sich im Jahre 1971 drei Gruppen unterschiedlicher Extrahierbarkeit :

1. Kontroll- und Gründüngungsvariante
2. 50 dz/ha Stroh mit und ohne Gründüngung und
3. 100 dz/ha Stroh.

Im Jahre 1972 sind die unter 1 und 2 genannten Varianten gleich und nur die 100 dz/ha Stroh-Variante hat einen wesentlich höheren Wert.

Der Einfluß steigender Stickstoffdüngung (Tabelle 21 - 23, unterer Teil), ist geringer als der der unterschiedlichen organischen Düngung. Der C-HSF in mg C/g Boden (Tabelle 21) zeigt eine geringe Zunahme der Werte mit steigender Stickstoffgabe, während die Werte in % vom Gesamtkohlenstoff des Bodens und vom C-PNE nur im Jahre 1972 diesen Einfluß erkennen ließen.

4.2.5.2

Stickstoffgehalt der Huminsäurefraktion (N-HSF)

Die Stickstoffgehalte in der Huminsäurefraktion im Verlauf der beiden Untersuchungsjahre sind in den Abbildungen 60 - 65 und in Tabellen, Anhang 32 und 33, zusammengefaßt.

Die meisten Extremwerte sind, wie die t-Werte (Anhang 32 und 33) zeigen,

0.25 MG

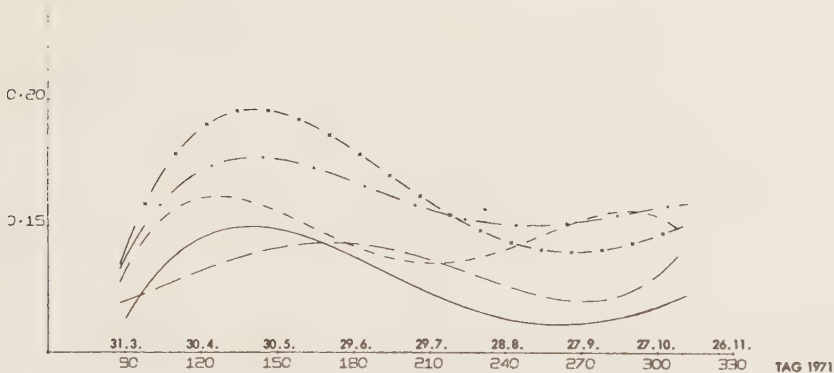


Abb. 60: MG-MG N/G BODEN HUMINSÄUREFRAKTION-STICKSTOFF

N_0

Kontrolle	—	MET 21 VAR. 1
Gründüngung	- - -	MET 21 VAR. 5
50 dz/ha Stroh	...	MET 21 VAR. 9
100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 21 VAR. 13
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 21 VAR. 17

0.25 MG

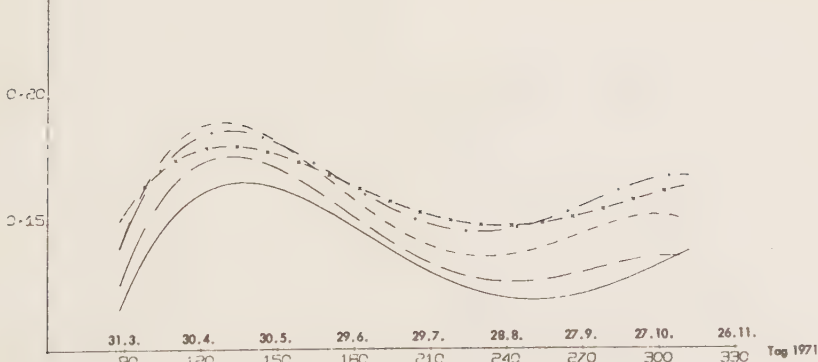


Abb. 61: MG-MG N/G BODEN HUMINSÄUREFRAKTION-STICKSTOFF

N_{20}

Kontrolle	—	MET 21 VAR. 2
Gründüngung	- - -	MET 21 VAR. 6
50 dz/ha Stroh	...	MET 21 VAR. 10
100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 21 VAR. 14
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 21 VAR. 18

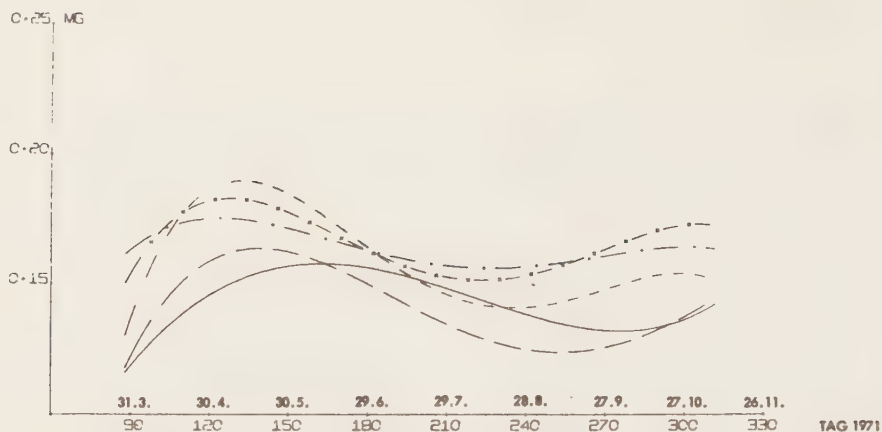


Abb. 62: MG-MG N/G BODEN HUMINSÄUREFRAKTION-STICKSTOFF

<u>N₄₀</u>	Kontrolle	MET 21 VAR. 3
	Gründüngung	MET 21 VAR. 7
	50 dz/ha Stroh	MET 21 VAR. 11
	100 dz/ha Stroh	MET 21 VAR. 15
	50 dz/ha Stroh + Gründüngung	MET 21 VAR. 19

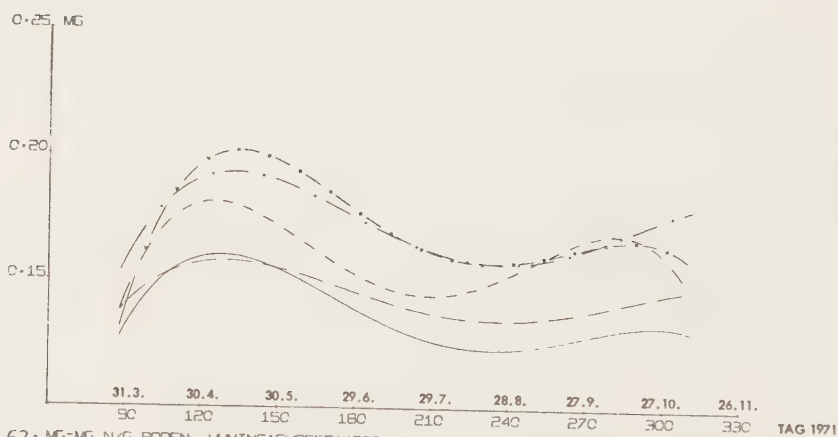


Abb. 63: MG-MG N/G BODEN HUMINSÄUREFRAKTION-STICKSTOFF

<u>N₆₀</u>	Kontrolle	MET 21 VAR. 4
	Gründüngung	MET 21 VAR. 8
	50 dz/ha Stroh	MET 21 VAR. 12
	100 dz/ha Stroh	MET 21 VAR. 16
	50 dz/ha Stroh + Gründüngung	MET 21 VAR. 20

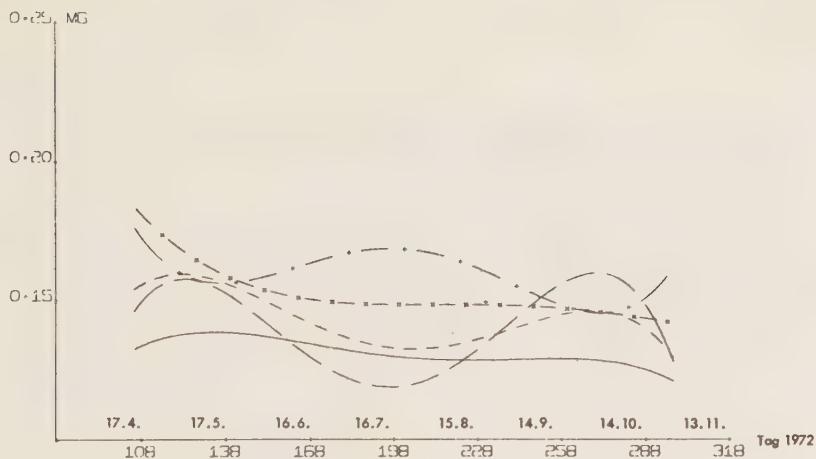


Abb. 64: MG-MG N/G BODEN HUMINSAEUREFRAKTION-STICKSTOFF

N₀

Kontrolle	—	MET 21 VAR. 1
Gründüngung	- - -	MET 21 VAR. 5
50 dz/ha Stroh	...	MET 21 VAR. 9
100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 21 VAR. 13
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 21 VAR. 17

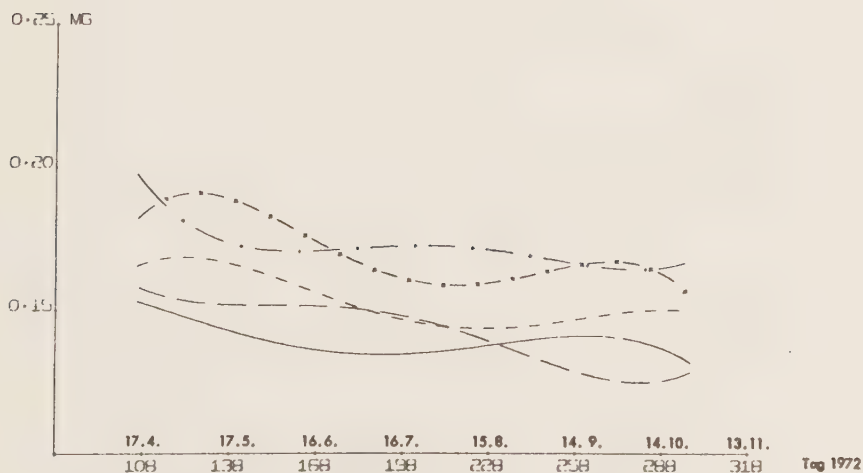


Abb. 65: MG-MG N/G BODEN HUMINSAEUREFRAKTION-STICKSTOFF

N₇₅

Kontrolle	—	MET 21 VAR. 3
Gründüngung	- - -	MET 21 VAR. 7
50 dz/ha Stroh	...	MET 21 VAR. 11
100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 21 VAR. 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 21 VAR. 19

gegeneinander gesichert. Der Fehler der Ergebnisse des Jahres 1972 ist geringer als der des Jahres 1971.

Die Regressionskurven für das Jahr 1971 lassen bei fast allen Varianten einen ähnlichen Verlauf mit einem ausgeprägten Maximum im Mai erkennen. Darauf folgt eine allmähliche Abnahme der Werte. Im Herbst zeigen die Kurven einen leichten Anstieg. Während das erste Maximum zeitgleich mit dem ersten Maximum des C-HSF liegt, tritt das Minimum des N-HSF ca. einen Monat später als bei C-HSF ein und das zweite bei C-HSF zu beobachtende Maximum im Herbst zeigt sich nur bei wenigen Regressionskurven des N-HSF. Im Jahre 1972 ist der Verlauf der Regressionskurven ungleichmäßig.

Durch die langjährige Behandlung des Bodens mit den verschiedenen organischen Düngern wird beim N-HSF eine geringere Änderung gefunden als beim C-HSF (Tabelle 24, oberer Teil). Wird nach steigendem Stickstoffgehalt diese Fraktion in Abhängigkeit von der organischen Düngung geordnet, ergibt sich die gleiche Tendenz wie beim C-HSF:

Kontrolle $\approx$ Gründüngung < 50 dz/ha Stroh < 50 dz/ha Stroh
+ Gründüngung < 100 dz/ha Stroh

Tabelle 24

Stickstoffgehalt der Huminsäurefraktion (mg N/g Boden)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	0.134	0.139	0.153	0.163	0.163
1972	0.134	0.140	0.147	0.167	0.161

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	0.1.41	0.151	0.152	0.154
1972	0.144		0.156	

Die Mittelwerte, aus allen Werten einer Stickstoffstufe berechnet (Tabelle 24, unterer Teil), zeigen die Wirkung der verschiedenen Stickstoffgaben auf den N-HSF. Im Jahre 1971 betragen die Mittelwerte der Stickstoffstufe N_0 0.141 mg N/g Boden und der Stickstoffstufe N_{20} 0.151 mg N/g Boden. Die Steigerung der Stickstoffgabe auf N_{40} bzw. N_{60} erhöhen den Mittelwert auf 0.152 bzw. 0.154 mg N/g Boden. Im Jahre 1972 erhöht sich der Mittelwert bei Steigerung von N_0 auf N_{75} von 0.144 auf 0.156 mg N/g Boden. Mit erhöhter Stickstoffdüngung nimmt damit der Stickstoffgehalt in der Huminsäurefraktion zu.

4.2.5.3 Das C/N-Verhältnis in der Huminsäurefraktion (C/N-HSF)

Die C/N-Verhältnisse der Huminsäurefraktion zeigen im Laufe der Vegetationsperiode im Vergleich zu den Werten des C/N-PNE größere Schwankungen (Anhang 34 und 35). Sie sind im allgemeinen weiter und zwar nehmen sie von durchschnittlich 8 auf durchschnittlich 10 zu.

Die Zeitfunktionskurven sind in beiden Untersuchungsjahren unterschiedlich und zeigen keinen gemeinsamen Gang. Im Jahre 1971 sind die Durchschnittswerte der Terminserien abgesehen von BU 34 (Probenentnahme am 1. 6. 1971), die niedriger liegen, im Laufe der Vegetationsperiode monotoner als die im Jahre 1972. In diesem Jahr wird eine kontinuierliche Steigerung der Mittelwerte von der ersten Probenentnahme (C/N = 9.52) bis Ende Juni (C/N = 12.52) beobachtet. Danach ist eine Abnahme der Werte bis Ende August (C/N = 8.62) und wieder eine erneute Zunahme bis zur letzten Probenentnahme (C/N = 10.51) zu erkennen. Dieses erklärt sich aus dem bei der Beschreibung von C-HSF und N-HSF ausgeführten nicht parallelen Verlauf der Zeitkurven im Jahre 1972.

Der Einfluß der organischen Düngung auf das C/N-HSF (Tabelle 25, oberer Teil) ist sehr gering und nur bei der Variante 100 dz/ha Stroh in beiden Untersuchungsjahren weiter als bei den anderen einander ähnlichen Verhältnissen, insbesondere im Jahre 1971.

Tabelle 25C/N-Verhältnis der HuminsäurefraktionMittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	10.33	10.32	10.44	11.05	10.36
1972	10.59	10.21	10.23	10.72	10.08

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀ (75)	N ₆₀
1971	10.68	10.47	10.35	10.50
1972	10.37		10.34	

Beim Vergleich der Mittelwerte aller Stickstoffstufen ist zu erkennen, daß die Erhöhung der Stickstoffgaben eine Verengung des C/N-Verhältnisses zur Folge hat. Diesen Gang kann man im Jahre 1971 bei den Stickstoffstufen N₀ bis N₄₀ und den beiden Stickstoffstufen im Jahre 1972 feststellen. Die Erweiterung des C/N-HSF im Jahre 1971 bei der höchsten Stickstoffstufe (N₆₀) kann nicht erklärt werden.

4.2.5.4 Extinktion und spezifische Extinktion der Huminsäurefraktion (E-HSF und spez. E-HSF)

Die optischen Messungen an Huminsäurefraktionen wurden wie am PNE durchgeführt. Die geringe Fehlerbreite der Meßwerte des Jahres 1972 beruht auf der Einführung der automatischen, optischen Messung (Anhang 36 und 37).

Wie aus den Abbildungen 66 - 71 zu entnehmen ist, zeigen die Extinktions-

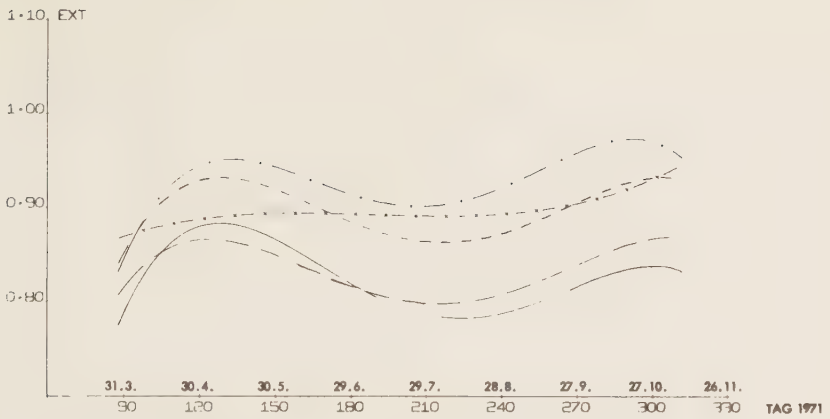


Abb. 66: EXT=EXTINKTION 10 ML/G BODEN HUMINSÄUREFRAKTION

Kontrolle	— — — — —	MET 2 VAR. 1
Gründüngung	- - - - -	MET 2 VAR. 5
50 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 2 VAR. 9
100 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 2 VAR. 13
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 2 VAR. 17

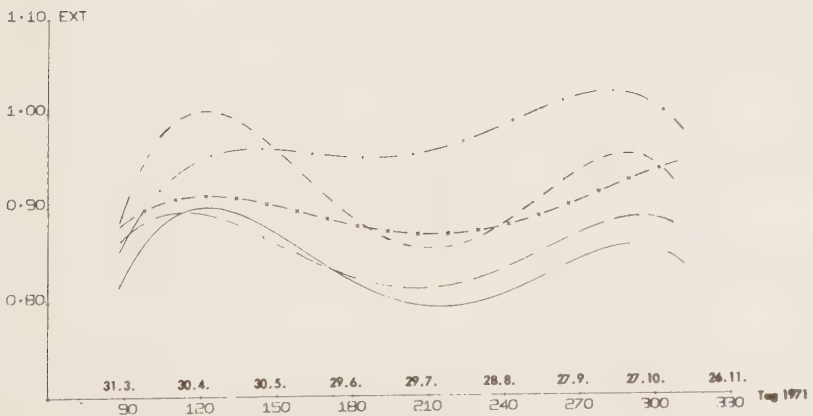


Abb. 67: EXT=EXTINKTION 10 ML/G BODEN HUMINSÄUREFRAKTION

Kontrolle	— — — — —	MET 2 VAR. 2
Gründüngung	- - - - -	MET 2 VAR. 6
50 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 2 VAR. 10
100 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 2 VAR. 14
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 2 VAR. 18

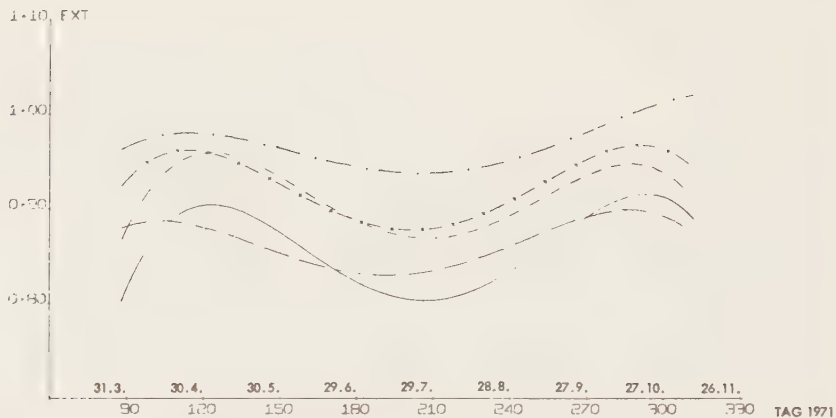


Abb. 68: EXT=EXTINKTION 10 ML/G BODEN HUMINSÄUREFRAKTION

N₄₀

Kontrolle	—	MET 2 VAR. 3
Gründüngung	- - -	MET 2 VAR. 7
50 dz/ha Stroh	...	MET 2 VAR. 11
100 dz/ha Stroh	- · - · -	MET 2 VAR. 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 2 VAR. 19



Abb. 69: EXT=EXTINKTION 10 ML/G BODEN HUMINSÄUREFRAKTION

N₆₀

Kontrolle	—	MET 2 VAR. 4
Gründüngung	- - -	MET 2 VAR. 8
50 dz/ha Stroh	...	MET 2 VAR. 12
100 dz/ha Stroh	- · - · -	MET 2 VAR. 16
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 2 VAR. 20

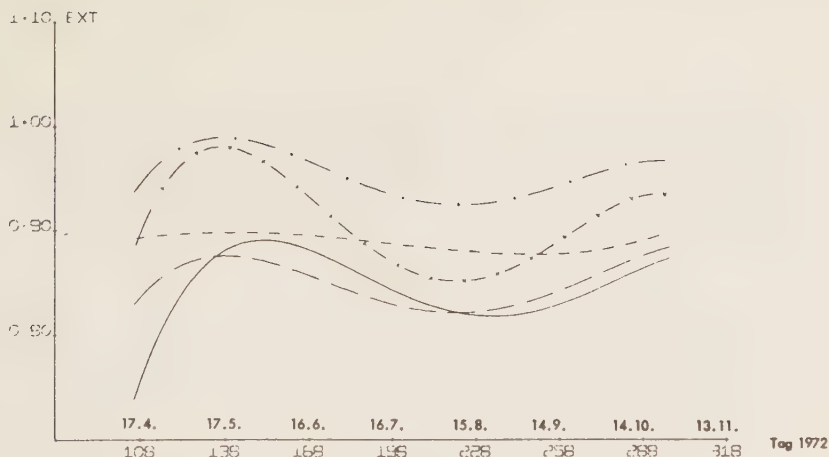


Abb. 70: EXT=EXTINKTION 10 ML/G BODEN HUMINSÄUREREFRAKTION

N₀

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

MET 2 VAR. 1
MET 2 VAR. 5
MET 2 VAR. 9
MET 2 VAR. 13
MET 2 VAR. 17

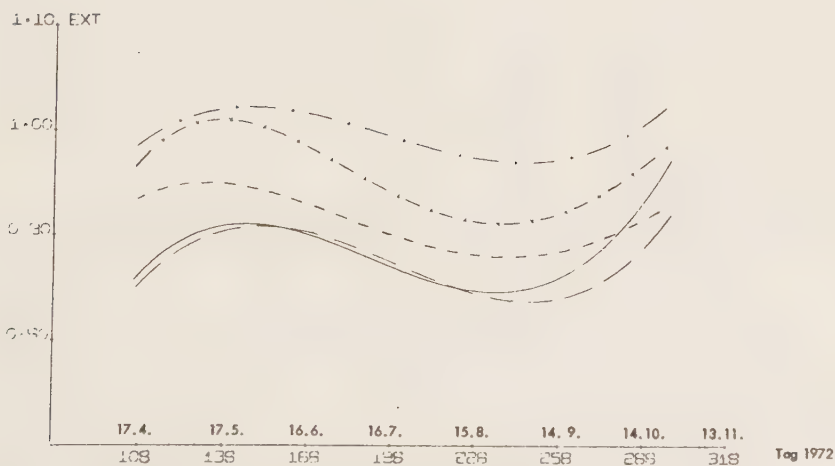


Abb. 71: EXT=EXTINKTION 10 ML/G BODEN HUMINSÄUREREFRAKTION

N₇₅

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

MET 2 VAR. 3
MET 2 VAR. 7
MET 2 VAR. 11
MET 2 VAR. 15
MET 2 VAR. 19

werte sowohl jahreszeitliche als auch düngedingte Änderungen. In den Vegetationsperioden ist derselbe Verlauf, wie er bereits für fast alle bisherigen Meßwerte beschrieben ist, mit je einem Maximum im Frühjahr und Herbst und einem Minimum im Sommer zu erkennen. Im Jahre 1972 ist der Ablauf entsprechend C-HSF zu späteren Terminen verschoben.

Relativ größere Unterschiede in den E-HSF lassen sich in Abhängigkeit von den verschiedenen organischen Düngungsvarianten bei den Mittelwerten (Tabelle 26, oberer Teil) feststellen. Dabei ergibt sich folgende Tendenz zunehmender Extinktion:

Kontrolle $\approx$ Gründüngung < 50 dz/ha Stroh $\approx$ 50 dz/ha Stroh
 + Gründüngung < 100 dz/ha Stroh

Tabelle 26

Extinktion der Huminsäurefraktion (E 500 nm/g Boden/10 ml)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	0.849	0.860	0.917	0.954	0.914
1972	0.863	0.861	0.902	0.975	0.933

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N _O	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	0.874	0.897	0.903	0.922
1972	0.888		0.926	

Auch der Einfluß der Höhe der Stickstoffdüngung auf E-HSF ist in beiden Untersuchungsjahren zu beobachten (Tabelle 26, unterer Teil). Je höher die jährliche Stickstoffgabe, desto größer ist der gemessene Extinktionsmittelwert.

Die spezifische Extinktion der HSF ist für die beiden Untersuchungsjahre in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung in den Tabellen Anhang 38 und 39 zusammengestellt. Die Werte zeigen ebenfalls einen jahreszeitlichen Gang und eine Abhängigkeit von der organischen Düngung, der Verlauf ist jedoch reziprok zu dem der Extinktionswerte und zum C-HSF.

Die Mittelwerte der spezifischen Extinktionen für die organisch gedüngten Varianten (Tabelle 27, oberer Teil) deuten nach abnehmender spezifischer Extinktion geordnet die Reihenfolge an:

Kontrolle $\approx$ Gründüngung > 50 dz/ha Stroh > 50 dz/ha Stroh
+ Gründüngung > 100 dz/ha Stroh

und werden damit durch die organische Düngung in entgegengesetzter Richtung beeinflusst wie die E-HSF.

Tabelle 27

Spezifische Extinktion der Huminsäurefraktion (E 500 nm/mg C/10 ml)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	0.610	0.606	0.576	0.531	0.548
1972	0.624	0.616	0.602	0.548	0.582

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	0.575	0.569	0.580	0.573
1972	0.599		0.586	

Der Einfluß der Stickstoffdüngung auf die spezifische Extinktion ist un-

regelmäßig, so daß kein Zusammenhang zwischen der Höhe der Stickstoffgabe und den spezifischen Extinktionen festgestellt werden kann.

4.2.5.5 Extinktionsquotienten (EQ) der Huminsäurefraktion

Die Extinktionsquotienten der HSF werden in Abbildung 72 - 89 entsprechend den EQ - PNE als Regressionskurven 4. Grades dargestellt. Die den Abbildungen zugrundeliegenden Einzelwerte sind in den Tabellen, Anhang 40 - 45, aufgeführt.

Die EQ zeigen sowohl jahreszeitliche als auch dungebedingte Unterschiede. Auffallend sind wiederum die durch verschiedene organische Düngung hervorgerufene, verhältnismäßig großen Unterschiede im EQ 4/5.

Tabelle 28

Extinktionsquotienten (400/500) der Huminsäurefraktion

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	2.50	2.52	2.60	2.71	2.67
1972	2.52	2.48	2.56	2.68	2.60

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	2.59	2.62	2.61	2.62
1972	2.56		2.58	

Die Extinktionsquotienten der Variante Kontrolle haben im Laufe der Vegetationsperiode einen fast umgekehrten Verlauf wie die der anderen organischen Düngungsvarianten. Diese weisen entsprechend dem EQ 4/5 beim PNE zwei Maxima im Laufe der Vegetationsperiode 1971 auf. Ebenfalls dem EQ 4/5 - PNE entsprechend sind im Jahre 1972 geringere Differenzen zu verzeichnen. Die EQ 5/6 zeigen in beiden Versuchsjahren weder während der Vegetationsperiode noch durch die verschiedenen Düngungsmaßnahmen signifikante Unterschiede.

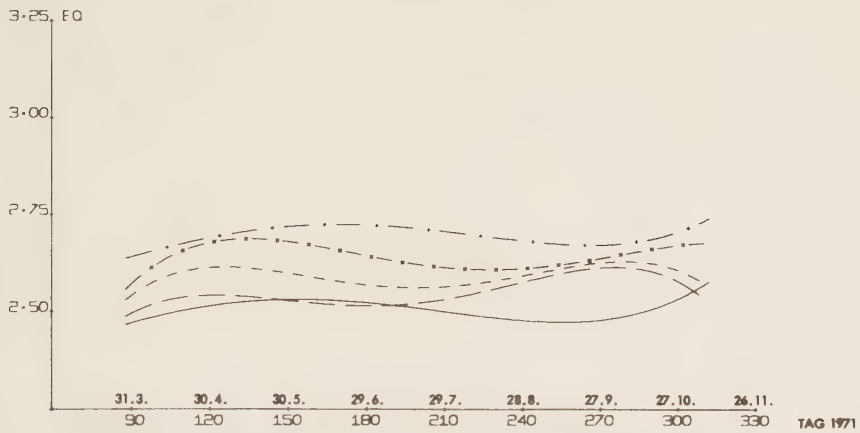


Abb. 72: E0=EXTINKTION

N_0

Kontrolle	—	MET 13 VAR. 1
Gründüngung	- - -	MET 13 VAR. 5
50 dz/ha Stroh	...	MET 13 VAR. 9
100 dz/ha Stroh	- · - · -	MET 13 VAR. 13
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- x - x -	MET 13 VAR. 17

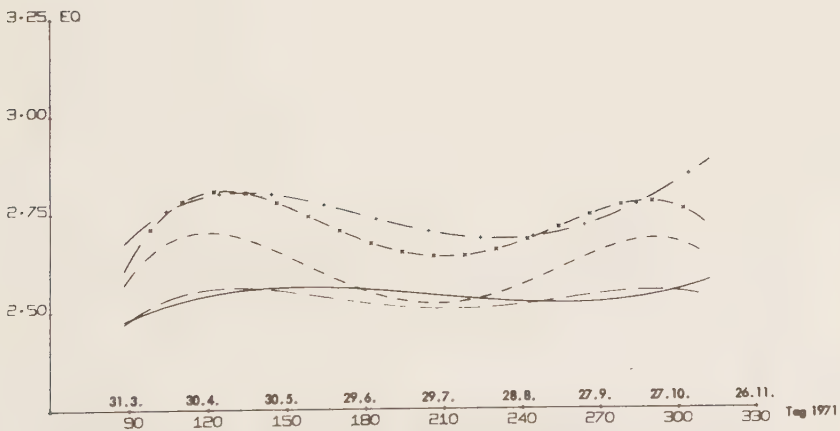


Abb. 73: E0=EXTINKTION

N_{20}

Kontrolle	—	MET 13 VAR. 2
Gründüngung	- - -	MET 13 VAR. 6
50 dz/ha Stroh	...	MET 13 VAR. 10
100 dz/ha Stroh	- · - · -	MET 13 VAR. 14
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- x - x -	MET 13 VAR. 18

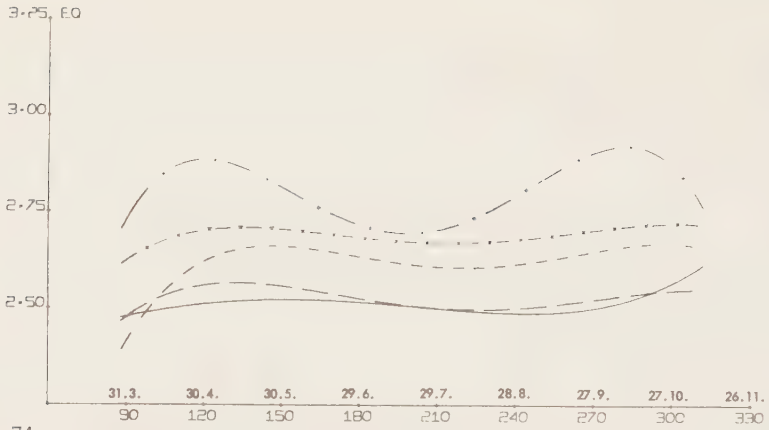


Abb. 74: EO=EXTINKTION

400/500 NM HUMINSÄUREFRAKTION

N₄₀

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

— MET 13 VAR. 3
- - - MET 13 VAR. 7
... MET 13 VAR. 11
- · - · - MET 13 VAR. 15
- - - - - MET 13 VAR. 19

TAG 1971

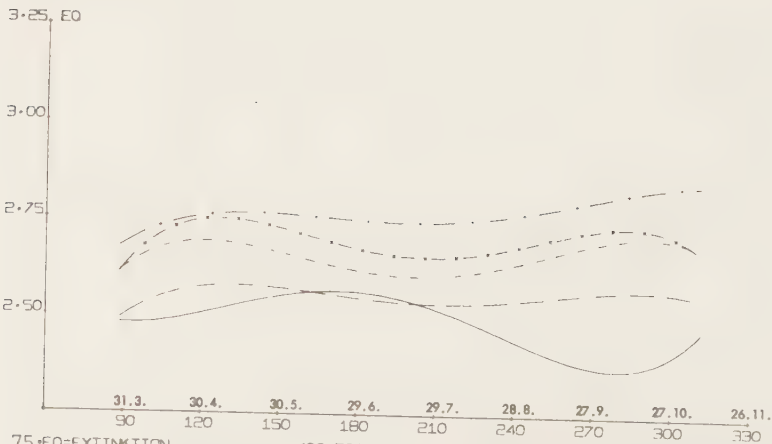


Abb. 75: EO=EXTINKTION

400/500 NM HUMINSÄUREFRAKTION

N₆₀

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

— MET 13 VAR. 4
- - - MET 13 VAR. 8
... MET 13 VAR. 12
- · - · - MET 13 VAR. 16
- - - - - MET 13 VAR. 20

TAG 1971

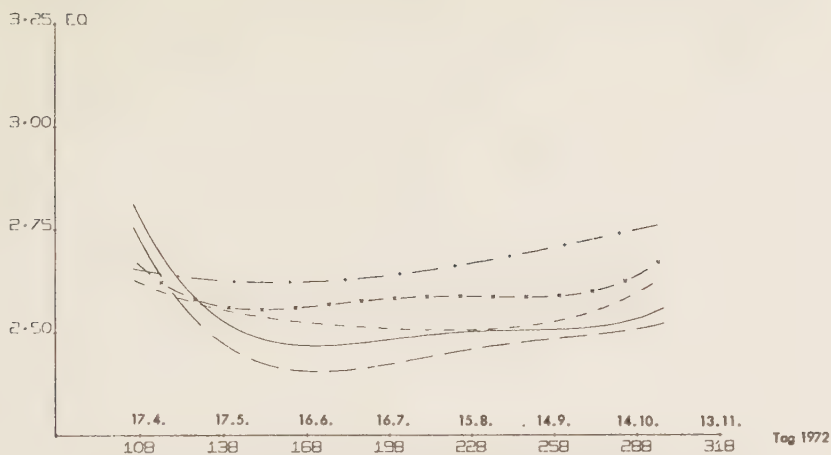


Abb. 76: EO=EXTINKTION

400/500 NM

HUMINSÄUREFRAKTION

 N_0

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

— MET 13 VAR. 1
- - - MET 13 VAR. 5
... MET 13 VAR. 9
- . - . MET 13 VAR. 13
- - - - MET 13 VAR. 17

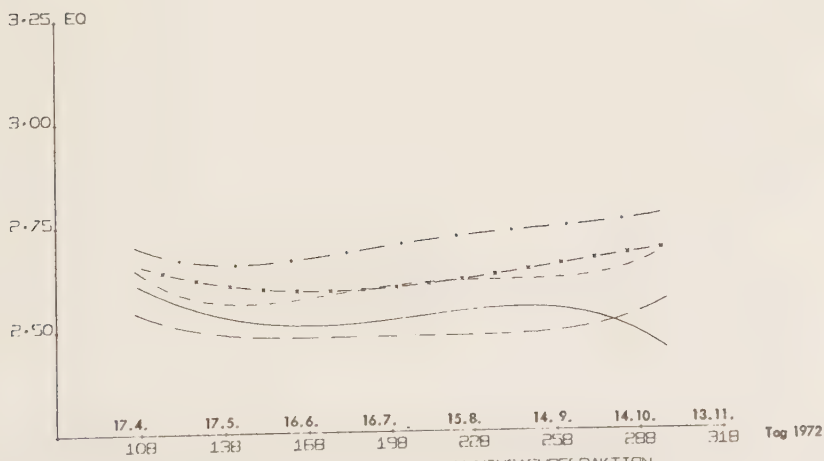


Abb. 77: EO=EXTINKTION

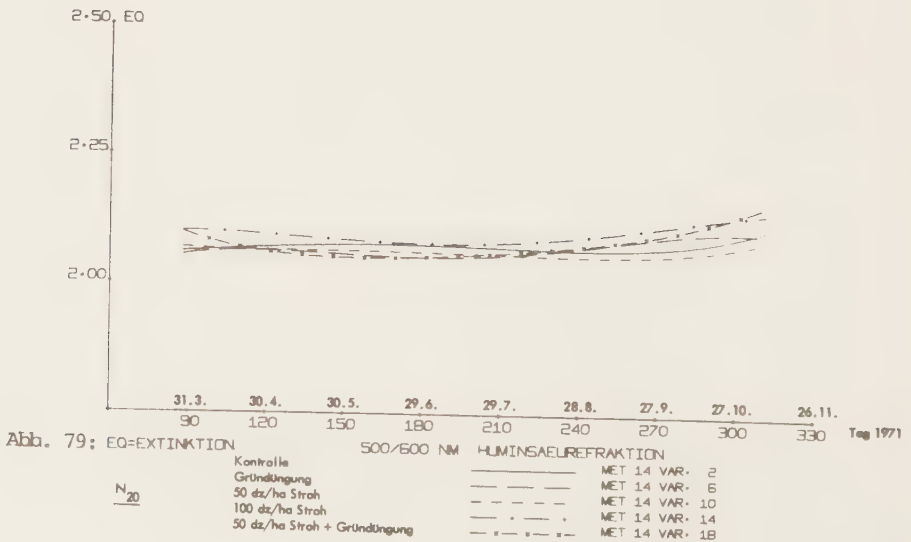
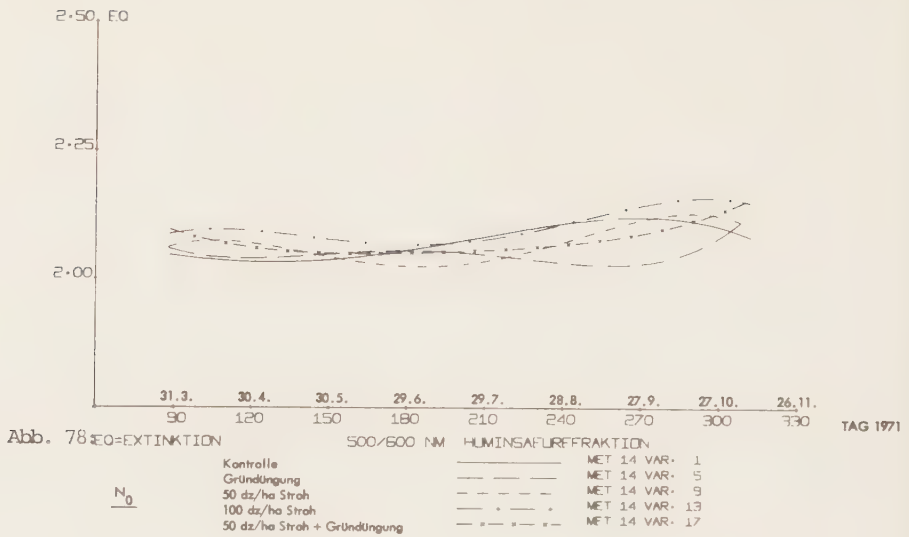
400/500 NM

HUMINSÄUREFRAKTION

 N_{75}

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

— MET 13 VAR. 3
- - - MET 13 VAR. 7
... MET 13 VAR. 11
- . - . MET 13 VAR. 15
- - - - MET 13 VAR. 19



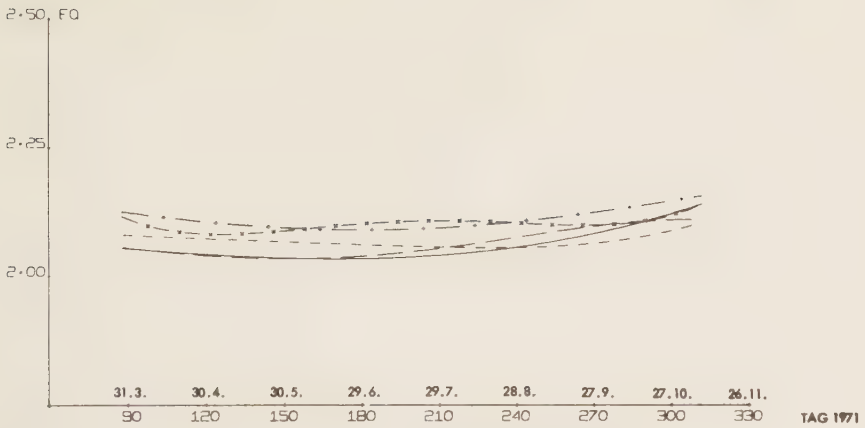


Abb. 80: EQ=EXTINKTION

N₄₀

	500/600 NM	HUMINSAEUREFRAKTION
Kontrolle	—————	MET 14 VAR. 3
Gründüngung	-----	MET 14 VAR. 7
50 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 14 VAR. 11
100 dz/ha Stroh	- . - . -	MET 14 VAR. 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 14 VAR. 19

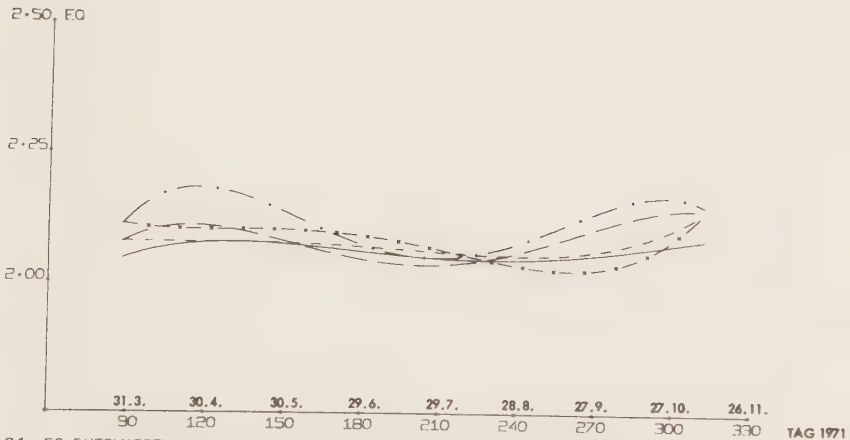


Abb. 81: EQ=EXTINKTION

N₆₀

	500/600 NM	HUMINSAEUREFRAKTION
Kontrolle	—————	MET 14 VAR. 4
Gründüngung	-----	MET 14 VAR. 8
50 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 14 VAR. 12
100 dz/ha Stroh	- . - . -	MET 14 VAR. 16
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 14 VAR. 20



Abb. 82: EO=EXTINKTION

500/600 NM

HUMINSAEUREFRAKTION

 N_0

Kontrolle	—	MET 14 VAR. 1
Grününgung	- - - - -	MET 14 VAR. 5
50 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 14 VAR. 9
100 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 14 VAR. 13
50 dz/ha Stroh + Grününgung	- - - - -	MET 14 VAR. 17



Abb. 83: EO=EXTINKTION

500/600 NM

HUMINSAEUREFRAKTION

 N_{75}

Kontrolle	—	MET 14 VAR. 3
Grününgung	- - - - -	MET 14 VAR. 7
50 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 14 VAR. 11
100 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 14 VAR. 15
50 dz/ha Stroh + Grününgung	- - - - -	MET 14 VAR. 19

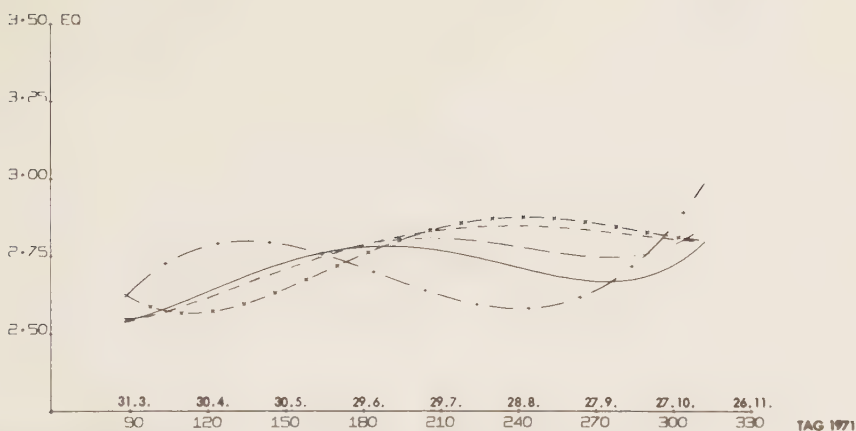


Abb. 84: EO=EXTINKTION

N_0

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

MET 15 VAR. 1
MET 15 VAR. 5
MET 15 VAR. 9
MET 15 VAR. 13
MET 15 VAR. 17



Abb. 85: EO=EXTINKTION

N_{20}

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

MET 15 VAR. 2
MET 15 VAR. 6
MET 15 VAR. 10
MET 15 VAR. 14
MET 15 VAR. 18

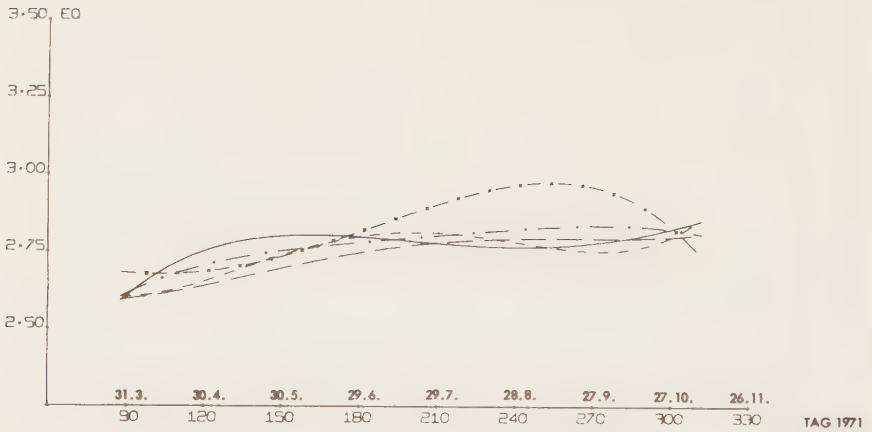


Abb. 86: EO-EXTINKTION

600/700 NM HUMINSAEUREFRAKTION

Kontrolle	—	MET 15 VAR. 3
Gründüngung	- - - - -	MET 15 VAR. 7
50 dz/ha Stroh		MET 15 VAR. 11
100 dz/ha Stroh	- . - . -	MET 15 VAR. 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 15 VAR. 19

N 40

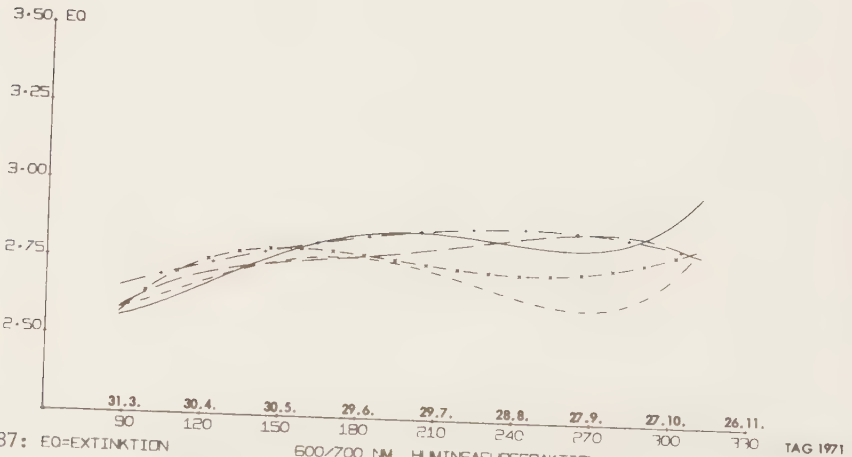


Abb. 87: EO-EXTINKTION

600/700 NM HUMINSAEUREFRAKTION

Kontrolle	—	MET 15 VAR. 4
Gründüngung	- - - - -	MET 15 VAR. 8
50 dz/ha Stroh		MET 15 VAR. 12
100 dz/ha Stroh	- . - . -	MET 15 VAR. 16
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 15 VAR. 20

N 60

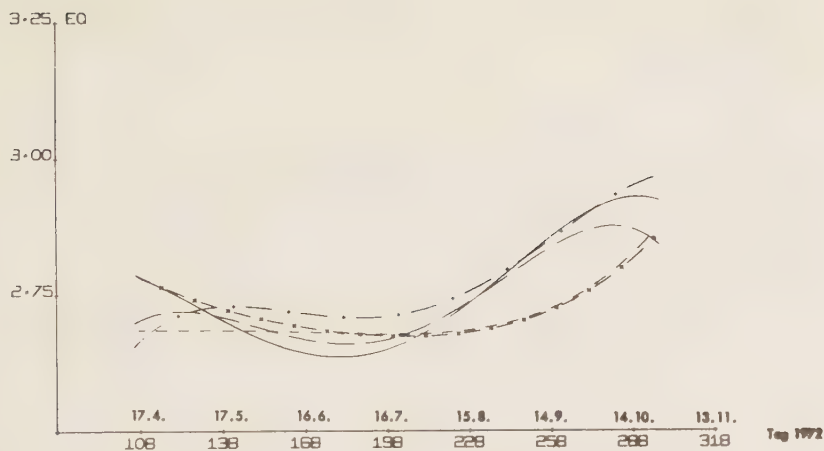


Abb. 88: EO=EXTINKTION

N_0

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

MET 15 VAR. 1
MET 15 VAR. 5
MET 15 VAR. 9
MET 15 VAR. 13
MET 15 VAR. 17

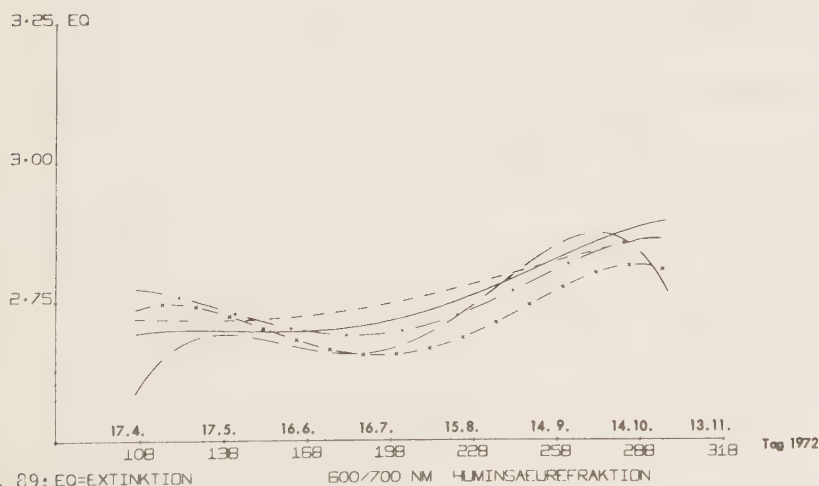


Abb. 89: EO=EXTINKTION

N_{75}

Kontrolle
Gründüngung
50 dz/ha Stroh
100 dz/ha Stroh
50 dz/ha Stroh + Gründüngung

MET 15 VAR. 3
MET 15 VAR. 7
MET 15 VAR. 11
MET 15 VAR. 15
MET 15 VAR. 19

Die Regressionskurven des EQ 6/7 schneiden sich im Laufe der beiden Jahre mehrmals und lassen auch keine Schlüsse auf den Einfluß von Zeit und Behandlung ziehen.

Tabelle 29

Extinktionsquotienten (500/600) der Huminsäurefraktion

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	2.06	2.06	2.06	2.10	2.08
1972	2.08	2.07	2.06	2.10	2.08

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	2.07	2.07	2.07	2.08
1972	2.08		2.08	

Tabelle 30

Extinktionsquotienten (600/700) der Huminsäurefraktion

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	2.75	2.74	2.73	2.71	2.75
1972	2.74	2.71	2.73	2.75	2.71

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀₍₇₅₎	N ₆₀
1971	2.72	2.72	2.76	2.75
1972	2.73		2.73	

Die Angaben der Fehlergröße bzw. der t-Werte (Anhang 40 - 45) bei den Extinktionsquotienten 600/700 zeigen eine verhältnismäßig hohe Fehlerbreite im Vergleich zu den anderen Extinktionsquotienten. Dies ist wahrscheinlich der eigentliche Grund, warum keine definierbare Gesetzmäßigkeit feststellbar ist. Die Veränderungen in den Extinktionsquotienten im Laufe der Vegetationszeit bei der Kontrollvariante sind wahrscheinlich hauptsächlich auf die Klimafaktoren und auf die in den Boden gelangten Ernterückstände zurückzuführen. Die Maxima im Herbst und Frühjahr in den anderen Düngervarianten dürften in erster Linie auf das in den Boden gelangte Stroh zurückgeführt werden können.

In den Tabellen 28 - 30 sind die Mittelwerte aller Varianten einer organischen Düngergabe und aller Varianten einer Stickstoffgabe wie bereits in den früheren Abschnitten einander gegenübergestellt. Es zeigt sich, daß in Abhängigkeit von den verschiedenen Behandlungen nur der EQ 4/5 einen Unterschied in Abhängigkeit von der Art der organischen Düngergabe zeigt.

Der EQ 4/5 zeigt in beiden Jahren eine annähernde Abhängigkeit in der Reihenfolge

Kontrolle	Gründüngung	< 50 dz/ha Stroh	<50 dz/ha Stroh
	+ Gründüngung	<100 dz/ha Stroh.	

Der Einfluß der Höhe der Stickstoffgabe ist bei den EQ 4/5 - HSF nicht zu beobachten.

Die Extinktionsquotienten und die Differenzen der Werte zwischen den einzelnen Varianten sind bei der HSF kleiner als bei dem PNE. Dieser Unterschied ist bedingt durch die Anwesenheit der Fulvosäurefraktion im PNE.

4.2.6 Natronlaugeextrakt (NLE)

Nur die im Jahre 1971 gezogenen Bodenproben wurden mit Natronlauge extrahiert. In den NLE wurden wie in den PNE der Kohlenstoff- und Stickstoffge-

halt, die spezifische Extinktion und die Extinktionsquotienten bestimmt (Anhang 46 - 53).

Im Kohlenstoffgehalt des NLE zeigen sich sowohl jahreszeitliche als auch düngebedingte Unterschiede, wobei die Anzahl der gesicherten Differenzen im Vergleich zu denen des PNE kleiner ist (Abbildung 90 - 93 und Anhang 46).

Aus den Regressionskurven (Abbildung 90 - 93) ist die jahreszeitliche Veränderung des Kohlenstoffgehaltes im NLE zu erkennen. Im Frühjahr tritt eine Verminderung der Kohlenstoffgehalte bis zu einem Minimum Ende April ein. Danach nehmen die Werte aller Varianten zu, um im Juli ein Maximum zu erreichen und anschließend wiederum bis zum Herbst abzunehmen. Bei diesen Varianten, insbesondere bei N₆₀ sind die Zeitpunkte, zu denen die Extremwerte erreicht werden, etwas verschoben, wodurch es zu Überschneidungen der Regressionskurven kommt.

Werden die Mittelwerte der verschiedenen organischen Düngungsvarianten in ihrem Einfluß auf den Kohlenstoffgehalt des NLE verglichen (Tabelle 31), läßt sich eine Reihenfolge zunehmenden Kohlenstoffgehaltes aufstellen:

Kontrolle < Gründüngung < 50 dz/ha Stroh < 50 dz/ha Stroh
+ Gründüngung < 100 dz/ha Stroh.

Tabelle 31

Kohlenstoffgehalt des Natronlaugeextraktes (mg C/g Boden)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	2.10	2.17	2.48	2.70	2.54

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀	N ₆₀
1971	2.31	2.40	2.44	2.44

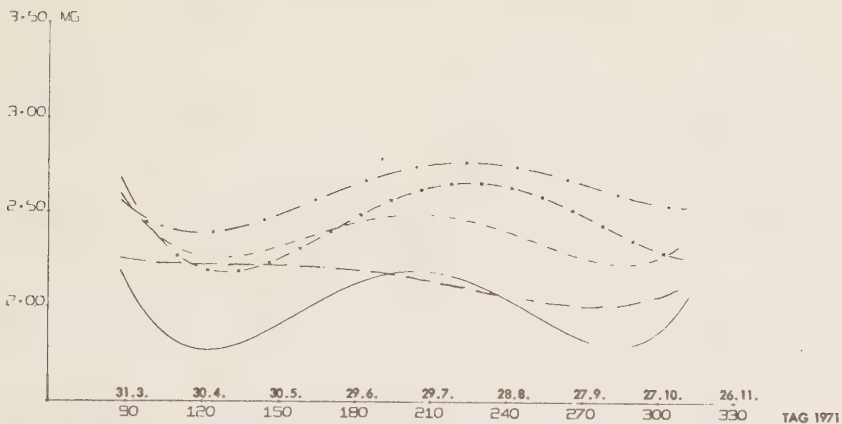


Abb. 90: MG=MG C/G BODEN NATRONLAUGEEKTRAKT-KOHLENSTOFF

N_0	Kontrolle	—	MET 7 VAR. 1
	Gründüngung	- - -	MET 7 VAR. 5
	50 dz/ha Stroh	. . .	MET 7 VAR. 9
	100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 7 VAR. 13
	50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 7 VAR. 17



Abb. 91: MG=MG C/G BODEN NATRONLAUGEEKTRAKT-KOHLENSTOFF

N_{20}	Kontrolle	—	MET 7 VAR. 2
	Gründüngung	- - -	MET 7 VAR. 6
	50 dz/ha Stroh	. . .	MET 7 VAR. 10
	100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 7 VAR. 14
	50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 7 VAR. 18

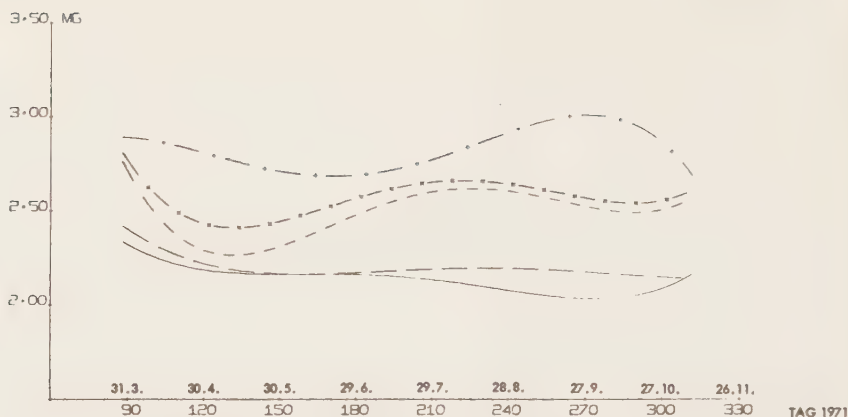


Abb. 92: MG-MG C/G BODEN NATRONLAUGEEXTRAKT-KOHLENSTOFF

Kontrolle	—	MET 7 VAR. 3
Gründüngung	- - -	MET 7 VAR. 7
50 dz/ha Stroh	. . .	MET 7 VAR. 11
100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 7 VAR. 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 7 VAR. 19

N₄₀

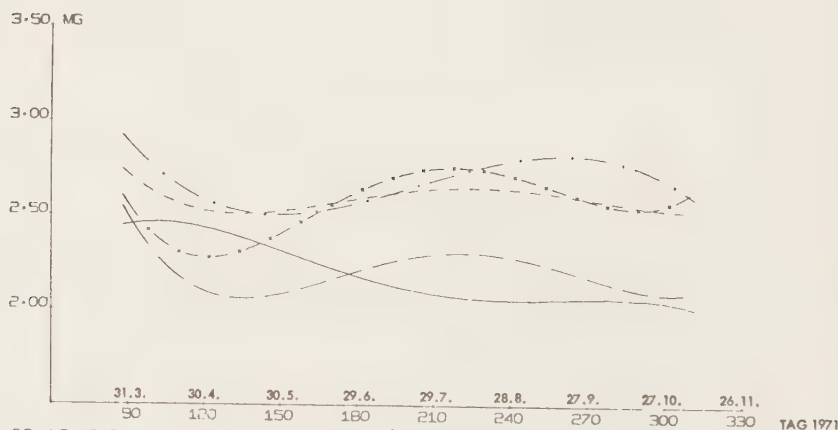


Abb. 93: MG-MG C/G BODEN NATRONLAUGEEXTRAKT-KOHLENSTOFF

Kontrolle	—	MET 7 VAR. 4
Gründüngung	- - -	MET 7 VAR. 8
50 dz/ha Stroh	. . .	MET 7 VAR. 12
100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 7 VAR. 16
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 7 VAR. 20

N₆₀

Die verschiedenen Stickstoffstufen haben einen geringeren Einfluß auf den Kohlenstoffgehalt des NLE als die organischen Düngerstufen. Es ist nur eine leichte Zunahme des Kohlenstoffgehaltes mit steigender Stickstoffdüngung zu beobachten, wobei die Stickstoffstufen N_{40} und N_{60} gleiche mittlere Kohlenstoffgehalte zeigen.

Wird die im NLE extrahierte Menge an Kohlenstoff in % des Gesamtkohlenstoffgehaltes der Bodenproben berechnet, ergibt sich ein Einfluß der verschiedenen organischen Düngebehandlungen (Tabelle 32), der zwischen 22,1% bei der Kontrollvariante und 25,2% bei der Variante 100 dz/ha Stroh liegt. Es besteht eine positive Relation zwischen dem durch die organische Düngung erhöhten Gesamtkohlenstoffgehalt der Bodenproben und der Extrahierbarkeit mit Natronlauge.

Eine Abhängigkeit der Extrahierbarkeit des Kohlenstoffs von der Höhe der Stickstoffdüngung wird nicht beobachtet, denn die Durchschnittswerte liegen bei den verschiedenen Stickstoffstufen annähernd in einer Größenordnung.

Bei den Stickstoffgehalten im NLE ist ein größerer Analysenfehler als bei den Stickstoffwerten des PNE festzustellen. Dennoch gibt es einige Werte, insbesondere bei den Zeitserien, die gesicherte Unterschiede aufweisen (Anhang 48).

Fast alle Zeitkurven (Abbildung 94 - 97) zeigen etwa Ende Juli ein Maximum und zwei Minima Ende April und Mitte bis Ende Oktober. Nur der Verlauf der Regressionskurven der Kontrollvarianten ist während der Vegetationsperiode bei allen Stickstoffstufen viel flacher als bei den anderen Varianten. Dies dürfte auf die geringere Zufuhr an organischer Substanz zurückzuführen sein, da in den anderen Varianten der Stickstoffgehalt im NLE, bei Vorhandensein von ungerottetem Stroh im Boden, insbesondere im Frühjahr und im Herbst Maxima aufweist. Mit steigender Strohzersetzung im Sommer nimmt der Stickstoffgehalt im NLE zu, was mit dem Verlauf der Regressionskurven des Gesamtstickstoffgehaltes übereinstimmt.

Tabelle 32

Anteil des Kohlenstoffs im Natronlaugeextrakt am Gesamtkohlenstoffgehalt des Bodens (in %)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	22.1	22.5	24.9	25.2	24.4

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀	N ₆₀
1971	23.3	23.9	24.1	24.0

Der mittlere Stickstoffgehalt des NLE beträgt etwa 0.33 mg/g Boden und zeigt in den Mittelwerten aller Varianten einer Behandlung eine ähnliche Abhängigkeit von der organischen Düngung wie der Kohlenstoffgehalt (Tabelle 33) und ist fast unabhängig von der Höhe der Stickstoffdüngung.

Tabelle 33

Stickstoffgehalt des Natronlaugeextraktes (mg N/g Boden)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	0.295	0.316	0.336	0.352	0.349

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀	N ₆₀
1971	0.317	0.330	0.335	0.333

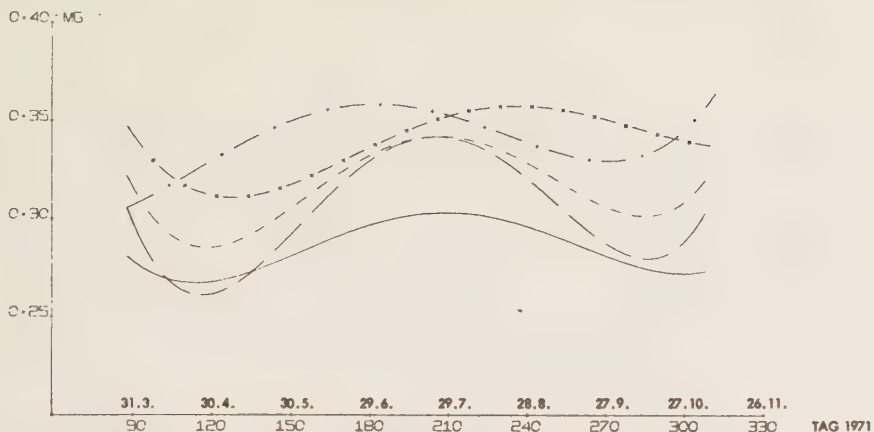


Abb. 94: MG-MG N/G BODEN NATRONLAUGEEXTRAKT-STICKSTOFF

<u>N₉</u>	Kontrolle	—	MET 22 VAR. 1
	Gründüngung	---	MET 22 VAR. 5
	50 dz/ha Stroh	...	MET 22 VAR. 9
	100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 22 VAR. 13
	50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - -	MET 22 VAR. 17

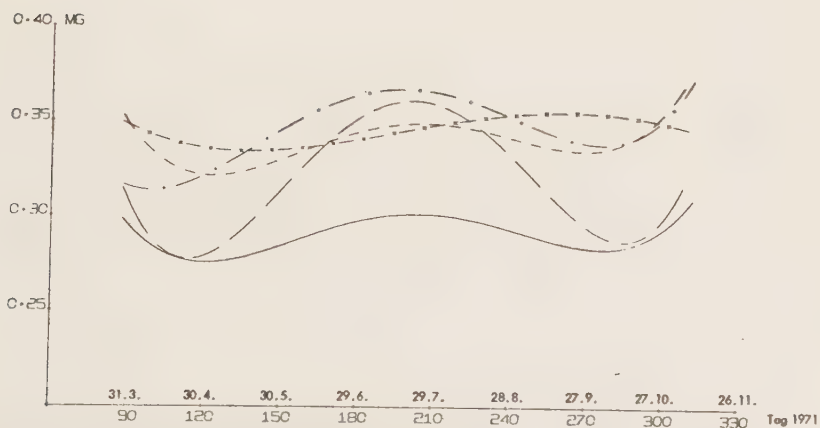


Abb. 95: MG-MG N/G BODEN NATRONLAUGEEXTRAKT-STICKSTOFF

<u>N₂₀</u>	Kontrolle	—	MET 22 VAR. 2
	Gründüngung	---	MET 22 VAR. 6
	50 dz/ha Stroh	...	MET 22 VAR. 10
	100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 22 VAR. 14
	50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - -	MET 22 VAR. 18

0.40, MG

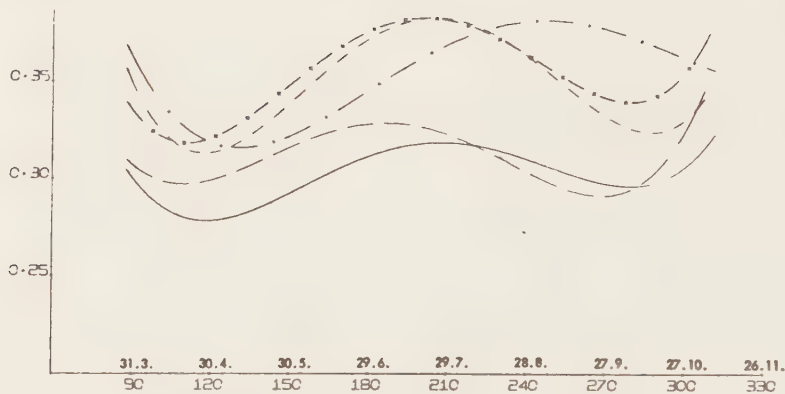


Abb. 96: MG-MG N/G BODEN NATRONLAUGEEXTRAKT-STICKSTOFF

Kontrolle	---	MET 22 VAR. 3
Gründüngung	---	MET 22 VAR. 7
50 dz/ha Stroh	---	MET 22 VAR. 11
100 dz/ha Stroh	---	MET 22 VAR. 15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	---	MET 22 VAR. 19

N_{40}

0.40, MG



Abb. 97: MG-MG N/G BODEN NATRONLAUGEEXTRAKT-STICKSTOFF

Kontrolle	---	MET 22 VAR. 4
Gründüngung	---	MET 22 VAR. 8
50 dz/ha Stroh	---	MET 22 VAR. 12
100 dz/ha Stroh	---	MET 22 VAR. 16
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	---	MET 22 VAR. 20

N_{40}

Das C/N-Verhältnis im NLE zeigt ebenfalls einen Einfluß der organischen Düngung (Tabelle 34).

Tabelle 34

Das C/N-Verhältnis des Natronlaugeextraktes

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	7.11	6.86	7.38	7.67	7.27

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀	N ₆₀
1971	7.30	7.28	7.29	7.29

Durch die Gründüngung mit Ölrettich wird der Stickstoffgehalt in den NLE stärker erhöht als der Kohlenstoffgehalt; so ist das mittlere C/N-Verhältnis mit 6.86 enger als das der Kontrollvariante mit 7.11 und das der Variante 50 dz/ha Stroh + Gründüngung mit 7.27 enger als das der Variante 50 dz/ha Stroh ohne Gründüngung mit 7.40. Mit Erhöhung der Strohdüngung nimmt das C/N-Verhältnis gegenüber der Kontrolle kontinuierlich zu. Die Werte steigen von 7.11 bei der Kontrollvariante über 7.38 bei der Variante 50 dz/ha Stroh auf 7.67 bei der Variante 100 dz/ha Stroh an. Die Stickstoffstufen haben keinen Einfluß auf das C/N-Verhältnis des NLE.

Die Extinktion des NLE bei 500 nm sind in den Regressionskurven in Abbildung 98 - 101 und in Tabellen (Anhang 50) angegeben. Hier ist wie in den zuvor besprochenen Untersuchungen der Analysenfehler größer als beim PNE, jedoch sind einige gesicherte Unterschiede sowohl in den Zeit- als auch in den Terminserien vorhanden.

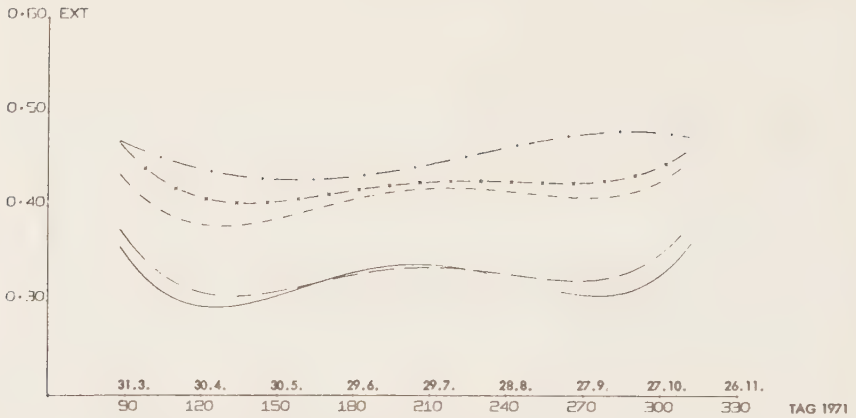


Abb. 98: EXT=EXTINKTION 10 ML/G BODEN NATRONLAUGEEXTRAKT

N_0	Kontrolle	—	MET 3 VAR. 1
	Gründüngung	- - -	MET 3 VAR. 5
	50 dz/ha Stroh	...	MET 3 VAR. 9
	100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 3 VAR. 13
	50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - -	MET 3 VAR. 17

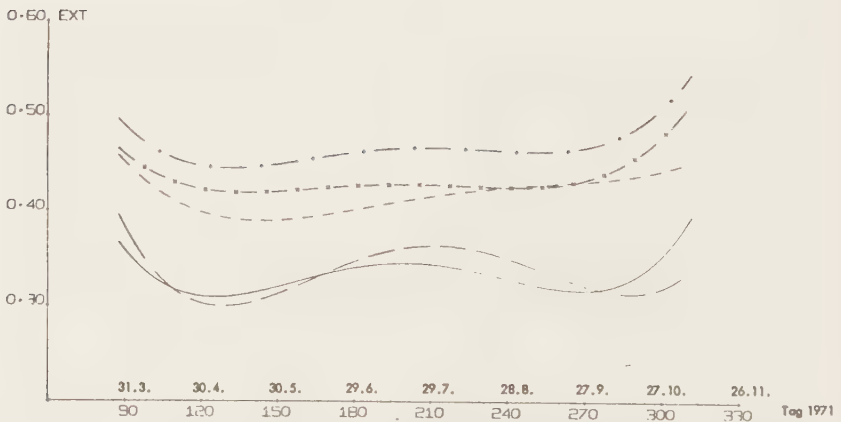
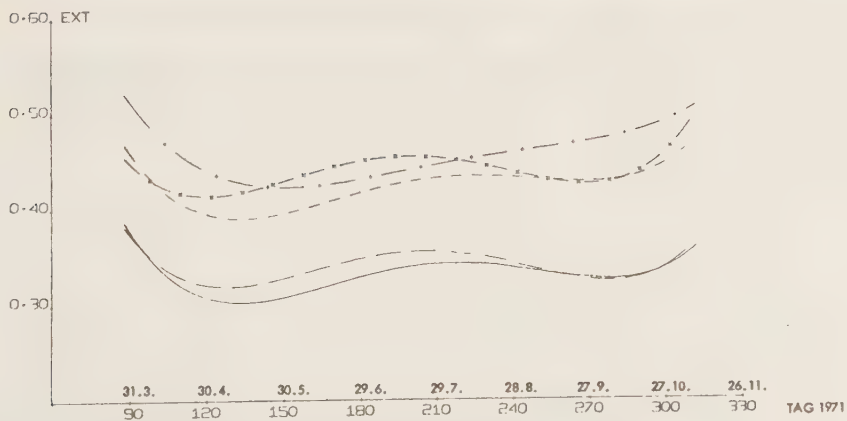
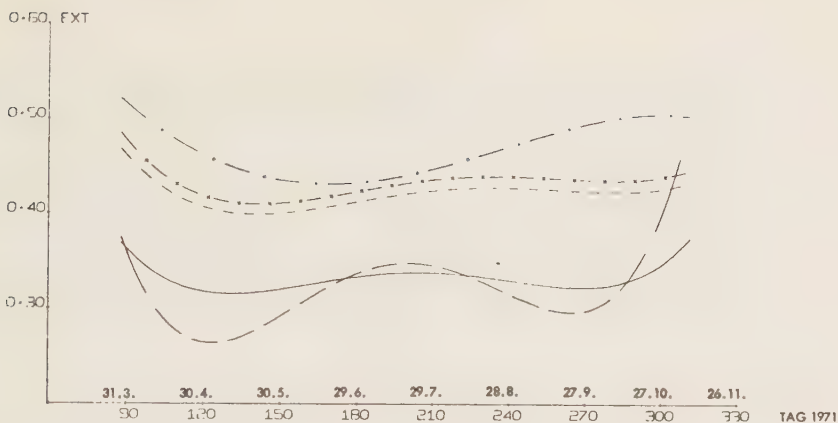


Abb. 99: EXT=EXTINKTION 10 ML/G BODEN NATRONLAUGEEXTRAKT

N_{20}	Kontrolle	—	MET 3 VAR. 2
	Gründüngung	- - -	MET 3 VAR. 6
	50 dz/ha Stroh	...	MET 3 VAR. 10
	100 dz/ha Stroh	- . - .	MET 3 VAR. 14
	50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - -	MET 3 VAR. 18



Die Zeitkurven der strohbehandelten Varianten zeigen während der Vegetationsperiode einen monotoneren Verlauf als die der Varianten ohne Stroh. Dieser Einfluß ist bei allen Stickstoffstufen zu erkennen und zeigt einen "w"-förmigen Verlauf der Regressionskurven während der Vegetationsperiode. Die beiden Minima sind Ende April und Ende September. Die Höchstwerte liegen bei den ersten und letzten Probeentnahmen. Bei den Varianten ohne Stroh ist zusätzlich noch ein schwaches Maximum Ende Juli festzustellen.

Die Mittelwerte der verschiedenen organischen Düngungsvarianten (Tabelle 35) machen in erster Linie ersichtlich, daß eindeutige Unterschiede zwischen den mittleren Extinktionen der mit Stroh gedüngten und der ohne Stroh behandelten Varianten bestehen.

Tabelle 35

Extinktionen des Natronlaugeextraktes (E 500 nm/g Boden/10 ml)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	0.335	0.340	0.422	0.466	0.438

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀	N ₆₀
1971	0.391	0.403	0.403	0.404

Die mit Stroh gedüngten Varianten N₂₀ bis N₆₀ weisen unabhängig von der Höhe der Stickstoffdüngung gleiche Extinktionswerte auf, die jedoch höher sind als die Extinktion in der N₀-Variante.

Die berechneten spezifischen Extinktionen des NLE sind in Anhang 51 aufgeführt. Es zeigen sich auch hier deutliche Unterschiede zwischen den

mit Stroh behandelten und den ohne Strohbehandlung laufenden Varianten (Tabelle 36).

Tabelle 36

Spezifische Extinktion des Natronlaugeextraktes (E 500 nm/mg C/10 ml)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	0.159	0.156	0.270	0.172	0.173

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀	N ₆₀
1971	0.168	0.167	0.164	0.164

In den Strohdüngungsvarianten wird ein höherer Kohlenstoffgehalt und gleichzeitig eine höhere Extinktion des NLE gefunden, wobei die Steigerungsrate der Extinktion verhältnismäßig größer als die des Kohlenstoffgehaltes ist.

Die spezifische Extinktion zeigt keine Abhängigkeit von den Stickstoffstufen.

Die Extinktionsquotienten des NLE haben eine verhältnismäßig große Fehlerbreite. Die Unterschiede innerhalb der Zeit- und Terminserien (Anhang 52 und 53) sind kaum zu sichern. Bei allen Extinktionsquotienten wird weder eine Abhängigkeit von der organischen Düngung noch eine solche von der Stickstoffdüngung erkennbar. In einigen Fällen zeigen die Werte im Laufe der Vegetationsperiode einen ähnlichen Verlauf wie im PNE. Auch im NLE ist eine gewisse Gegenläufigkeit des EQ 4/5 und des EQ 6/7 feststellbar. Dies ist besonders in den strohbehandelten Varianten der Fall.

Zusammenfassend ist über die Bestimmungen am NLE zu sagen, daß der Analysenfehler, insbesondere bei den optischen Messungen, größer ist als beim PNE. Der Kohlenstoffgehalt zeigt wie beim PNE eine Abhängigkeit von der angewandten organischen Düngung und eine leichte Zunahme mit Steigerung der Stickstoffdüngung. Auch haben die Zeitkurven der Stickstoffgehalte beider Extrakte gewisse Ähnlichkeiten. Die durchschnittliche Extrahierbarkeit des Kohlenstoffs beträgt mit Natronlauge 24% und mit Natrium-Pyrophosphat-Natronlauge 35%. Der Auffassung der russischen Schule (KONONOWA 1958) folgend, ist diese Differenz auf die mit Natrium-Pyrophosphat-Natronlauge extrahierbaren an Calcium und Sesquioxide gebundenen Huminstoffe zurückzuführen, während die mit Natronlauge extrahierbaren Huminstoffe hauptsächlich in löslicher Form oder an mobile Hydrate der Sesquioxide gebunden vorliegen.

Die Stickstoffgehalte von NLE und PNE zeigt eine ähnliche Abhängigkeit von der organischen Düngung und laufen den Kohlenstoffgehalten annähernd parallel. Das mittlere C/N-Verhältnis im NLE ist etwas enger als im PNE, wobei jedoch beide C/N-Verhältnisse etwa die gleiche Abhängigkeit von der organischen Düngung aufweisen.

Trotz der größeren Fehlerbreite zeigen die spezifischen Extinktionen ähnliche Abhängigkeiten von der organischen Düngung wie im PNE.

Die Extinktionsquotienten weisen nur in wenigen Fällen den systematischen Trend auf, der im PNE erkennbar ist.

4.2.7 Fulvosäurefraktion (FSF)

Die Fulvosäurefraktion wird in der Literatur meist als Fraktion relativ niedermolekularer Verbindungen angegeben, die im Boden überwiegend an Sesquioxide sorbiert vorliegen (FLAIG 1969, SCHEFFER et al. 1960, 1966).

Durch die Behandlung des Bodens mit verdünnten alkalischen Lösungen, im vorliegenden Falle mit Natrium-Pyrophosphat-Natronlauge, wird aus dem

gesamten Komplex der organischen Stoffe des Bodens nur ein Teil extrahiert, der durch Zusatz von Schwefelsäure in eine säurefällbare (HSF) und eine nicht säurefällbare Fraktion (FSF) aufgeteilt wird. Über den Natrium-Pyrophosphat-Natronlaugeextrakt (PNE) und die Huminsäurefraktion (HSF) dieses Extraktes wurde in 4.2.4 und 4.2.5 ausführlich berichtet. Um Informationen über die Fulvosäurefraktion zu erhalten, werden der Kohlenstoff- und der Stickstoffgehalt dieser Fraktion wie folgt berechnet:

$$(C-PNE) - (C-HSF) = C-FSF$$

$$(N-PNE) - (N-HSF) = N-FSF$$

Die für die Zeit und Terminserien ermittelten Werte sind in Tabellen (Anhang 54 - 57) aufgeführt.

Der mittlere Kohlenstoffgehalt der Fulvosäurefraktion beträgt 1.90 mg C/g Boden. Dieser Wert entspricht etwa 20% des Gesamtkohlenstoffgehaltes des Bodens.

Im Laufe der Vegetationsperiode 1971 sind die Unterschiede im Kohlenstoffgehalt der Fulvosäurefraktion geringer als im Jahre 1972. Abgesehen von der zuletzt entnommenen Probe, die einen verhältnismäßig niedrigen mittleren Kohlenstoffgehalt aufweist, treten 1971 keine bedeutenden Veränderungen ein. Im Jahre 1972 wird bis Ende Juni dagegen eine starke Verminderung der Mittelwerte der Kohlenstoffgehalte in dieser Fraktion beobachtet.

Diese Abnahme beträgt etwa 40% des Kohlenstoffgehaltes der ersten im Jahre 1972 entnommenen Probe. Danach steigen die Werte wieder an, um Ende August ein Maximum zu erreichen. Der Kohlenstoffgehalt der letzten beiden Probenentnahmen ist wieder niedriger und liegt etwa 20% unter dem Ausgangswert.

Tabelle 37Kohlenstoffgehalt der Fulvosäurefraktion (mg C/g Boden)Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	1.82	1.84	1.96	2.09	2.08
1972	1.82	1.89	1.94	2.06	1.94

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀	N ₆₀
1971	1.91	1.98	1.97	1.98
1972	1.93		1.93	

Werden die Mittelwerte aller Varianten miteinander verglichen, so zeigt sich, daß mit der zugeführten Menge an organischer Substanz in den organischen Düngungsvarianten der Kohlenstoffgehalt der FSF ansteigt (Tabelle 37). Ein Einfluß der unterschiedlichen Stickstoffdüngung dagegen auf den Kohlenstoffgehalt der FSF ist in beiden Untersuchungsjahren nicht festzustellen.

Der Stickstoffgehalt der FSF zeigt im Jahre 1971 nur geringe Veränderungen (Anhang 56 und 57). Anfang Juni wird ein schwaches Minimum und bei der letzten Probenentnahme ein schwaches Maximum erhalten. Die Mittelwerte des Stickstoffgehaltes im Jahre 1972 steigen bis Anfang Juni und bleiben anschließend bis Anfang August fast unverändert. Darauf folgt eine Verminderung der Werte bis zu einem Minimum bei der letzten Probenentnahme.

Tabelle 38Stickstoffgehalt der Fulvosäurefraktion (mg N/g Boden)Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	0.253	0.273	0.273	0.284	0.288
1972	0.293	0.289	0.287	0.306	0.299

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀	N ₆₀
1971	0.271	0.274	0.275	0.277
1972	0.293		0.295	

4.2.8

Stickstofffraktionierung

Die Stickstofffraktionierung wird an den Bodenproben mit der von BREMNER (1965) ausgearbeiteten Methodenkombination durchgeführt. Dabei werden nach Hydrolyse des Bodens in 6 n Salzsäure einige Bindungsformen des Stickstoffs erfaßt.

Im Boden vorliegende Ammoniumionen und der während der Hydrolyse aus Amid-
en, aber auch aus einigen anderen Bindungsformen als Ammoniumionen
abgespaltene Stickstoff wird als "Amid-N" bezeichnet. Dieser Anteil macht
mehr als 20% des Gesamtstickstoffgehaltes des Bodens aus.

Der Hexosamingehalt beträgt im Boden etwa 5 - 10% des Gesamtstickstoffs
(BREMNER, 1958, 1965). SCHEFFER (1958) ist der Meinung, daß die Hexosami-
ne des Bodens durch die Bindungen an organische oder anorganische Stoffe
vor einem raschen und vollständigen Abbau geschützt sind.

Nach SCHEFFER (1958) liegen bis zu 98% des Gesamtstickstoffgehaltes organisch gebunden vor. 20 - 40% dieses Stickstoffs können nach BREMNER (1965) als α -Aminostickstoff vorliegen. In Waldböden kann nach WITTICH (1952) dieser Anteil sogar bis auf 60% ansteigen. In einem Boden mit niedriger biologischer Aktivität ist ein höherer Anteil an α -Aminostickstoff vorhanden. Die Untersuchungen von SÖCHTIG et al. (1971 a) an verschiedenen Torfen ergaben einen Gehalt an α -Aminostickstoff von mehr als 40% des Gesamtstickstoffgehaltes.

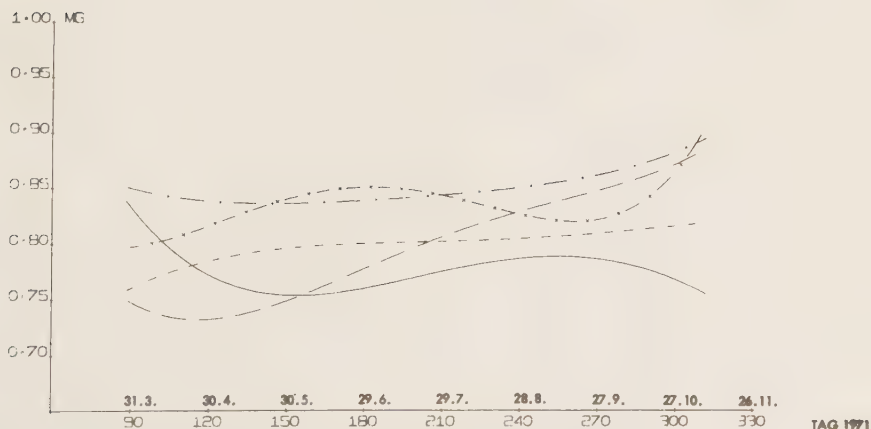
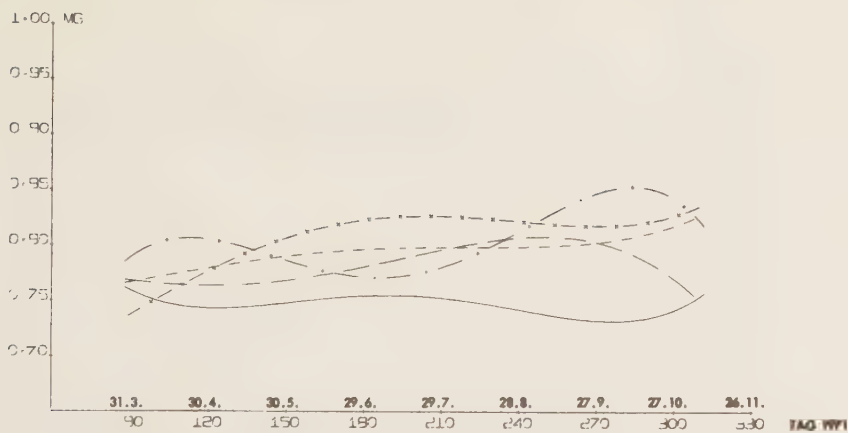
Über die chemische Natur des hydrolysierbaren, aber nicht in den genannten Fraktionen erfaßbaren Stickstoffs und des nicht hydrolysierbaren Stickstoffs können keine weiteren Aussagen gemacht werden. Dieser Teil kann mehr als die Hälfte des Gesamtstickstoffgehaltes ausmachen und dürfte nach FLAIG (1950) und SCHEFFER et al. (1960) hauptsächlich heterocyclisch gebunden in der Huminsäurefraktion vorliegen.

Die Stickstofffraktionierung wurde sowohl im Jahre 1971 als auch im Jahre 1972 an 10 Varianten und zwar jeweils zwei Stickstoffstufen der fünf organischen Düngungsstufen durchgeführt.

4.2.8.1 Gesamtstickstoff im Hydrolysat

Wie aus den Tabellen (Anhang 58 und 59) hervorgeht, kann man bei der Hydrolyse des Bodens mit 6 n Salzsäure am Gehalt des hydrolysierbaren Stickstoffs sowohl jahreszeitliche als auch düngedingte Unterschiede feststellen. Ein großer Teil der in den Termin- und Zeitserien auftretenden Unterschiede ist, wie die t-Werte zeigen, statistisch gesichert.

Der Gehalt an hydrolysierbarem Stickstoff zeigt bei den verschiedenen organischen Düngungsvarianten, insbesondere im Laufe der Vegetationszeit 1971, keinen parallelen Verlauf, was zu mehreren Überschneidungen der Regressionskurven führt. Dennoch ist eine Gleichläufigkeit der beiden Stickstoffstufen einer organischen Düngungsvariante feststellbar (Abbildung 102 - 105). Dieser Effekt ist im Jahre 1972 deutlicher als im Jahre 1971 ausgeprägt. Der Verlauf der Kurven der Kontroll- und der 50 dz/ha Stroh-Variante zeigt im Jahre 1972 ein Maximum bei beiden Stickstoffstufen An-



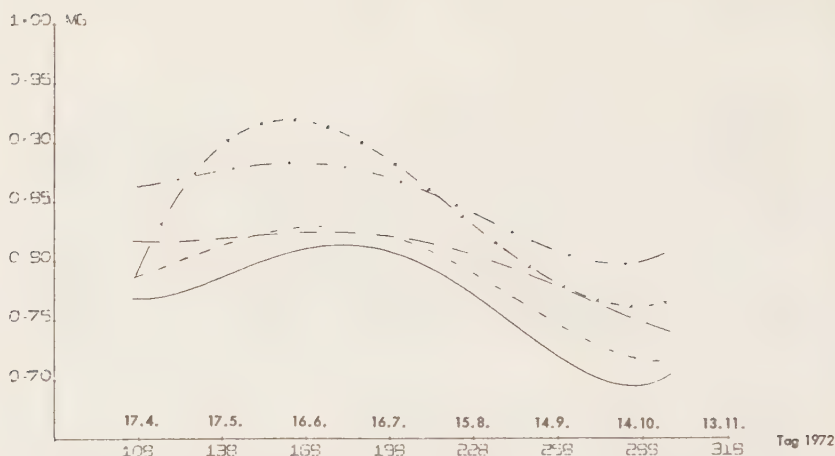


Abb. 104: MG=MG N/G BODEN GESAMTSTICKSTOFF IM HYDROLYSAT

<u>N₀</u>	Kontrolle	—	MET 16 VAR. 1
	Gründüngung	- - -	MET 16 VAR. 5
	50 dz/ha Stroh	· · ·	MET 16 VAR. 9
	100 dz/ha Stroh	- · -	MET 16 VAR. 13
	50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - · -	MET 16 VAR. 17

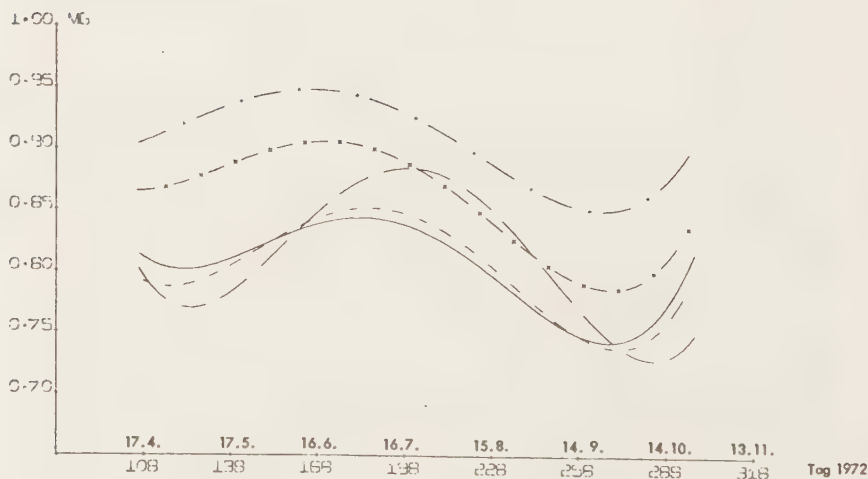


Abb. 105: MG=MG N/G BODEN GESAMTSTICKSTOFF IM HYDROLYSAT

<u>N₇₅</u>	Kontrolle	—	MET 16 VAR. 3
	Gründüngung	- - -	MET 16 VAR. 7
	50 dz/ha Stroh	· · ·	MET 16 VAR. 11
	100 dz/ha Stroh	- · -	MET 16 VAR. 15
	50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - · -	MET 16 VAR. 19

fang Juli und ein Minimum etwa Anfang Oktober. Das Maximum der 100 dz/ha Stroh- und der 50 dz/ha Stroh-Gründungsvariante ist etwas auf einen früheren Zeitpunkt verschoben und wird Anfang bis Mitte Juni erreicht. Das Minimum aber wird vom gleichen Zeitpunkt wie bei den zuvor beschriebenen Varianten gefunden.

Die Mittelwerte des Gesamtstickstoffgehaltes in den beiden Untersuchungs-jahren (Tabelle 39) bei der Gründungs- und bei der 50 dz/ha Strohv-
ariante liegen in etwa einer Größenordnung. Dasselbe gilt auch für die 100 dz/ha Stroh- und die Stroh-Gründungsvariante. In der Kontrollva-
riante werden die niedrigsten Werte gefunden. Außerdem ist zu erkennen, daß sich die Mittelwerte mit der Steigerung der Stickstoffdüngung erhö-
hen. Die organische Düngung hat eine größere Wirkung auf den Gehalt an hydrolysierbarem Stickstoff als die Stickstoffdüngung.

Tabelle 39

Gehalt an hydrolysierbarem Stickstoff des Bodens bezogen auf den Gesamt-
Stickstoff im Boden nach der Hydrolyse (mg N/g Boden bzw. %)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	1971		1972	
	mg/g Boden	% vom Gesamt-N	mg/g Boden	% vom Gesamt-N
Kontrolle	0.763	77.38	0.787	78.93
Gründung	0.789	76.23	0.807	80.13
50 dz/ha Stroh	0.796	76.53	0.796	77.35
100dz/ha Stroh	0.827	75.38	0.878	79.52
50 dz/ha Stroh + Gründung	0.822	75.97	0.850	80.50

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀		N ₄₀ (75)	
	mg/g Boden	% vom Gesamt-N	mg/g Boden	% vom Gesamt-N
971	0.786	76.90	0.813	77.28
1972	0.809	79.08	0.838	79.43

Der mittlere Gehalt an hydrolysierbarem Stickstoff beträgt im Jahre 1971 etwa 0.80 mg/g Boden und im Jahre 1972 etwa 0.82 mg, was etwa 76.5 bzw. 79.2% des Gesamtstickstoffgehaltes der Bodenproben entspricht.

Der Anteil an hydrolysierbarem Stickstoff bezogen auf den Gesamtstickstoffgehalt variiert im Jahre 1971 zwischen 75.4 und 77.4% und ist im Jahre 1972 zwischen 77.4 und 80.5%. Es läßt sich jedoch keine gesetzmäßige Abhängigkeit von der organischen Düngung feststellen.

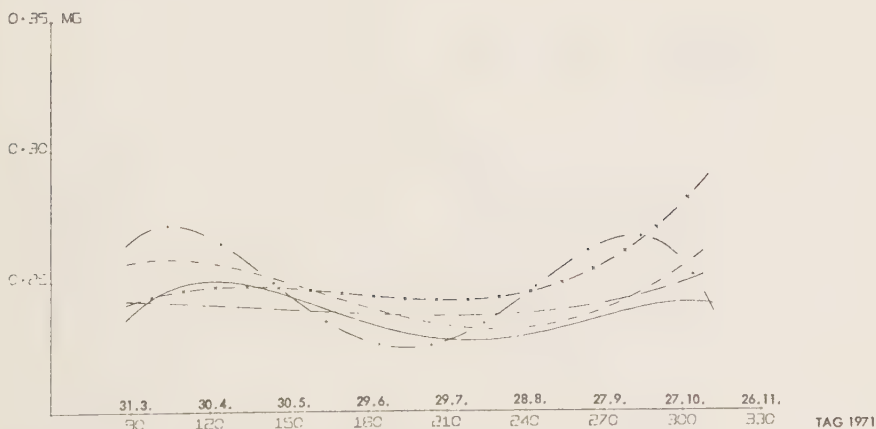
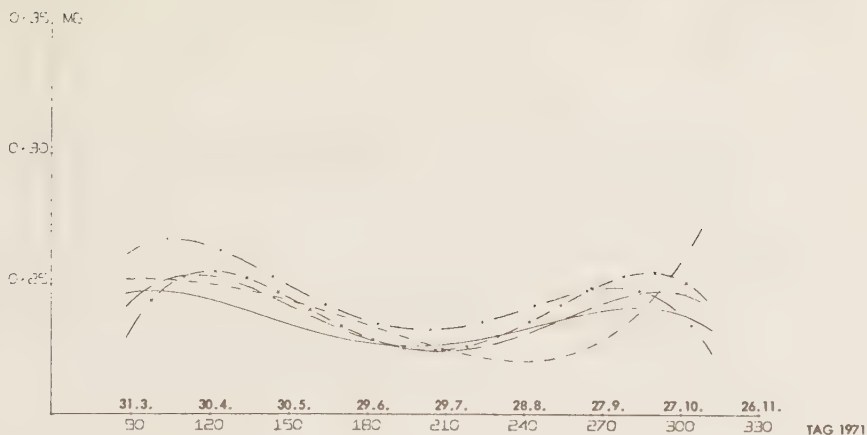
4.2.8.2 "Amid"-Stickstoff

Die für den "Amid"-Stickstoffgehalt ermittelten Werte sind in den Abbildungen 106 - 109 und in den Tabellen, Anhang 60 - 63, zusammengestellt.

Wie bei hydrolysierbarem Stickstoff liegen die t-Werte der Zeit- und Terminserien beim "Amid"-Stickstoff im Jahre 1971 günstiger als im Jahre 1972.

Die Zeitkurven des "Amid"-Stickstoffs (Abbildung 106 - 109) zeigen im Laufe der Vegetationszeit sowohl im Jahre 1971 als auch im Jahre 1972 eine gewisse Parallelität untereinander. Sie unterscheiden sich im Kurvenverlauf von denen, die für den hydrolysierbaren Stickstoff (4.3.8.1) erhalten wurden. Im Jahre 1971 ist Anfang April ein erstes Maximum, Ende Juli ein Minimum, gefolgt von einem zweiten Maximum, etwa Mitte bis Ende Oktober, zu erkennen. Trotz der Veränderungen im "Amid"-Stickstoffgehalt während der Vegetationszeit sind die Werte für die erste und die letzte Probenentnahme annähernd gleich.

Im Jahre 1972 wird ein stärkerer Anstieg in den Zeitkurven beobachtet, der aber erst Mitte Mai das Maximum erreicht; anschließend nehmen die Gehalte ab, um, auf Anfang August gegen 1971 verschoben, ein schwach ausgeprägtes Minimum auf das folgend die Gehalte wieder leicht ansteigen, auszubilden. Die höheren Mittelwerte im Jahre 1972 (Tabelle 40) sind auf die sehr hohen Frühjahrswerte zurückzuführen. Der höchste Gehalt an "Amid"-Stickstoff wird bei der 100 dz/ha Strohvariante festgestellt, wobei aber dieser Wert, bezogen auf den Gesamtstickstoffgehalt, den niedrigsten Anteil zeigt.



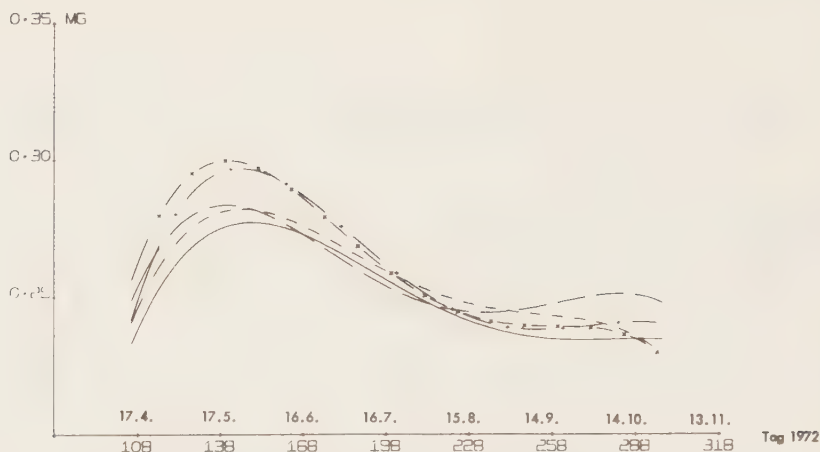


Abb. 108: MG=MG N/G BODEN AMMONIUMSTICKSTOFF IM HYDROLYSAT

N_0	Kontrolle	— — — — —	MET 17 VAR. 1
	Gründüngung	- - - - -	MET 17 VAR. 5
	50 dz/ha Stroh	— — — — —	MET 17 VAR. 9
	100 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 17 VAR. 13
	50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 17 VAR. 17

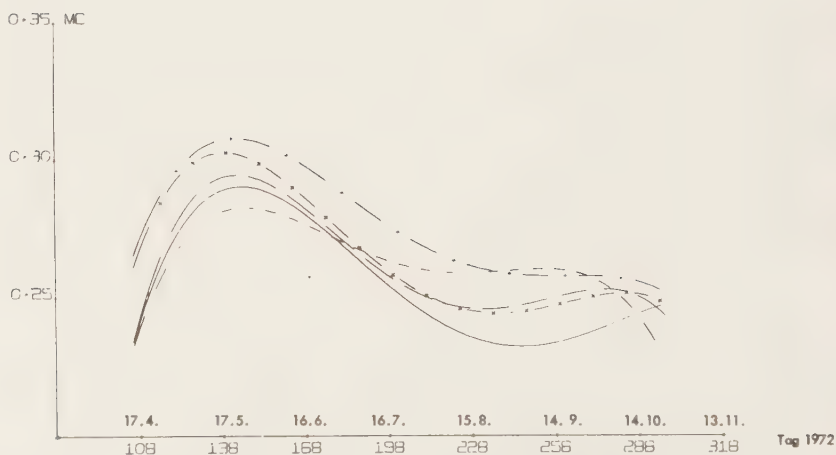


Abb. 109: MG=MG N/G BODEN AMMONIUMSTICKSTOFF IM HYDROLYSAT

N_{75}	Kontrolle	— — — — —	MET 17 VAR. 1
	Gründüngung	- - - - -	MET 17 VAR. 7
	50 dz/ha Stroh	— — — — —	MET 17 VAR. 11
	100 dz/ha Stroh	- - - - -	MET 17 VAR. 15
	50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - - -	MET 17 VAR. 19

Die Mittelwerte der beiden Untersuchungsjahre betragen etwa 0.24 mg für das Jahr 1971 und etwa 0.26 mg/g Boden für das Jahr 1972. Diese Werte entsprechen etwa 30.2 bzw. 31.4% des hydrolysierbaren Stickstoff- bzw. 23.3 und 24.9% des gesamten Stickstoffgehaltes der Bodenproben. Danach ist der "Amid"-Stickstoffgehalt im Boden im Jahre 1972 höher als im Jahre 1971. Dieser Unterschied ist auch im prozentualen Anteil des "Amid"-Stickstoffgehaltes bezogen sowohl auf den hydrolysierbaren Stickstoff als auch auf den Gesamtstickstoffgehalt erkennbar. Hieraus kann der Schluß gezogen werden, daß ein beachtlicher Teil des im Jahre 1972 höheren Gehaltes an hydrolysierbarem Stickstoff in Form von "Amid"-Stickstoff vorliegt.

Tabelle 40

"Amid"-Stickstoff (mg N/g Boden bzw %)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	1971			1972		
	mg/g Boden	% vom hydroly- sierba- ren N	% vom Ge- samt-N	mg/g Boden	% vom hydroly- sierba- ren N	% vom Gesamt- N
Kontrolle	0.236	30.9	23.9	0.252	32.0.	25.3
Gründüngung	0.239	30.3	23.1	0.258	32.0	25.6
50 dz/ha Stroh	0.244	30.4	23.5	0.256	32.2	24.9
100 dz/ha Stroh	0.245	29.7	22.3	0.266	30.3	24.1
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.245	29.8	22.6	0.262	30.8	24.8

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

N ₀	0.239	30.4	23.4	0.256	31.6	23.2
N ₄₀₍₇₅₎	0.244	30.0	25.0	0.262	31.2	24.8

Mit der Menge an zugeführter organischer Substanz in den organischen Düngungsvarianten nimmt der mittlere Gehalt an "Amid"-Stickstoff zu, in annähernd

gleicher Reihenfolge aber der prozentuale Anteil an hydrolysierbarem Stickstoffgehalt ab. Dasselbe gilt in beiden Untersuchungsjahren für den Einfluß der Höhe der Stickstoffdüngung. Hieraus kann man schließen, daß die höheren Stickstoffausgleichsdüngungen und Stickstoffgaben zwar eine Erhöhung des Gesamtstickstoffgehaltes verursacht haben, aber durch eine verstärkte Festlegung des Stickstoffs durch Stroh zersetzende Mikroorganismen der prozentuale Anteil an leicht verwertbarem "Amid"-Stickstoff niedriger ist (Anhang 62 und 63).

4.2.8.3

Hexosamin-Stickstoff

Der in Form von Aminosucker vorliegende Stickstoffanteil ist unter dem Begriff des Hexosamin-Stickstoffs zusammengefaßt. Der Hexosaminstickstoffgehalt des Bodens ist im Laufe der Vegetationszeit zu einigen Terminen erheblichen Veränderungen unterworfen, die im Jahre 1971 bis zu 50% und im Jahre 1972 bis zu 25% betragen (Anhang 64 und 65). Die Mittelwerte der Terminserien zeigen im Laufe der Vegetationsperiode 1971, abgesehen von einem extremen Minimum (0.0.39 mg/g Boden) Anfang Juli, gefolgt bei der nächsten Probenentnahme Anfang August von einem Anstieg auf 0.076 mg/g Boden, einen verhältnismäßig gleichmäßigen Verlauf. Im Frühjahr 1972 nimmt der mittlere Hexosamin-Stickstoffgehalt der Terminserien von 0.074 mg auf 0.050 mg/g Boden ab. Dieser Wert bleibt bei den nächsten zwei Probenentnahmetermeninen erhalten, um danach auf 0.079 mg/g Boden anzusteigen. Bis zur Probenentnahme Ende August ändert sich die Höhe dieses Wertes nicht. Die beiden letzten Werte 1972 weisen einen gleichen, niedrigeren Mittelwert von etwa 0.059 mg/g Boden auf.

Tabelle 41

Hexosamin-Stickstoff (mg N/g Boden bzw. %)Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	1 9 7 1			1 9 7 2		
	mg/g Boden	% vom hydro- lysier- baren N	% vom Gesamt- N	mg/g Boden	% vom hydro- lysier- baren N	% vom Gesamt- N
Kontrolle	0.058	7.6	5.8	0.069	8.7	6.9
Gründüngung	0.058	7.3	7.3	0.060	7.4	5.9
50 dz/ha Stroh	0.065	8.1	6.2	0.061	7.6	5.9
100 dz/ha Stroh	0.068	8.2	6.1	0.071	8.0	6.4
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.065	7.9	6.0	0.065	7.6	6.1

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

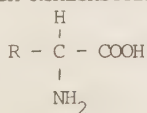
N ₀	0.062	7.8	6.0	0.065	8.0	6.3
N ₄₀₍₇₅₎	0.064	7.6	6.0	0.065	7.7	6.1

Der mittlere Gehalt an Hexosamin-Stickstoff liegt in beiden Untersuchungsjahren etwa in einer Größenordnung und beträgt 0.064 mg/g Boden, was etwa 7.7 % des hydrolysierbaren Stickstoffs und etwa 6.2 % des Gesamtstickstoffs ausmacht. Die Tabelle 41 weist die höchsten Werte bei der Variante mit 100 dz/ha Stroh auf, die auch die höchsten Anteile bezogen auf den hydrolysierbaren und auf den Gesamtstickstoff hat. Die Höhe der Stickstoffdüngung hat in beiden Versuchsjahren keinen Einfluß auf die Mittelwerte der Stickstoffstufen.

4.2.8.4 α - Aminosstickstoff

Die für den Gehalt an α-Aminostickstoff⁺ ermittelten Werte in Abhängigkeit von den verschiedenen organischen Düngungen und der Stickstoffdüngung

⁺Stickstoff in einer NH₂-Gruppe, die an der Karboxylgruppe von Aminosäure benachbarten Kohlenstoffatom gebunden ist.



sind in Tabellen, Anhang 66 und 67, aufgeführt.

Aus den Mittelwerten der Terminserien ist zu erkennen, daß in beiden Untersuchungsjahren eine Anreicherung des α -Aminostickstoffs jeweils in der zweiten Hälfte der Vegetationszeit stattgefunden hat. Im Jahre 1971 tritt diese Anreicherung schon Anfang Juli mit einer leichten Abnahme der Werte am 31. 8. ein. Im Jahre 1972 nehmen die Gehalte an α -Aminostickstoff erst ab Anfang August zu.

Hieraus und aus den Werten der Amid-Stickstoffbestimmung kann man erkennen, daß durch die Stickstoffdüngung im Frühjahr eine Anreicherung des leicht verwertbaren Stickstoffs erfolgte, der sich im Jahre 1971 Anfang Juli und im Jahre 1972 Anfang August allmählich vermindert. Diese Abnahme hängt teilweise mit der Umwandlung des Amid-Stickstoffs in α -Aminostickstoff zusammen, so daß man den Prozeß der Stickstoffsperre bzw. Festlegung von Stickstoff durch Mikroorganismen (von BOGUSLAWSKI, 1964, von BOGUSLAWSKI et al. 1965, DEBRUCK, 1965, DEBRUCK et al. 1969), der bei Verwendung von organischer Düngung, besonders bei Stroh, eine Ausgleichsdüngung erfordert, verfolgen kann.

Der mittlere Gehalt an α -Aminostickstoff beträgt in allen untersuchten Bodenproben etwa 0.19 mg/g Boden und schwankt in Abhängigkeit von den verschiedenen organischen Düngungen und der Stickstoffdüngung zwischen 0.15 und 0.25 mg/g Boden.

Tabelle 42 α -Aminostickstoff (mg N/g Boden bzw. %)Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	1971			1972		
	mg/g Boden	% vom hydro- lysier- baren N	% vom Gesamt- N	mg/g Boden	% vom hydro- lysier- baren N	% vom Gesamt- N
Kontrolle	0.168	22.0	17.0	0.171	21.7	17.1
Gründüngung	0.177	22.4	17.1	0.180	22.3	17.8
50z/ha Stroh	0.177	22.2	17.0	0.187	23.4	18.1
100dz/ha Stroh	0.194	23.4	18.0	0.201	22.8	18.2
50dz/ha Stroh + Gründüngung	0.198	24.0	18.2	0.195	22.9	18.4

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

N ₀	0.175	22.2	17.1	0.186	22.8	17.6
N ₄₀₍₇₅₎	0.190	23.4	18.5	0.188	22.4	17.8

Die verschiedenen organischen Düngerbehandlungen wirken unterschiedlich auf den α -Aminostickstoffgehalt des Bodens. Die Kontrollvariante hat den niedrigsten Mittelwert. Die Stroh + Gründüngung und die höchste Strohgabe erhöhen den Gehalt an α -Aminostickstoff am stärksten; die Mittelwerte liegen in einer Größenordnung. Zwischen diesen Extremen liegen die Werte für die Gründüngungs- und die 50 dz/ha Strohvariante, ebenfalls in gleicher Höhe. Dieser in beiden Untersuchungsjahren gleiche Befund, der sich auch im prozentualen Anteil sowohl an dem hydrolysierbaren als auch an dem Gesamtstickstoffgehalt zeigt, sagt aus, daß die Höhe des α -Aminostickstoffgehaltes auf die Höhe und nicht auf die Art der organischen Düngung zurückzuführen ist.

4.2.9 Kohlenhydrate des Bodens

Um einen Anhaltswert für den leichter abbaubaren Anteil der organischen Substanz des Bodens zu erhalten, wurden unter der Annahme, daß es sich hierbei in erster Linie um Kohlenhydrate handelt, die Bodenproben mit 72% Schwefelsäure hydrolysiert und die Menge der entstehenden reduzierenden Zucker bestimmt.

Diese Unterschiede beschränken sich auf die Bodenproben des Jahres 1971. Die Werte sind in den Abbildungen 109 bis 112 und in Tabellen, Anhang 68, angegeben.

Die Zeitkurven (Abbildung 110 - 113) zeigen, abgesehen von einigen Fällen, das gleiche Charakteristikum und zwar jeweils ein Maximum im Frühjahr und im Herbst mit einem dazwischenliegenden Minimum im Juli. Dieser Verlauf entspricht in etwa dem Verlauf des Gesamtkohlenstoffgehaltes im Boden.

Da der Analysenfehler verhältnismäßig groß ist, lassen sich nur einzelne Differenzen zwischen den Zeitserien sichern (Anhang 68). Es ist aber interessant zu vermerken, daß bei allen Stickstoffstufen und fast allen Probeentnahmetermen die Unterschiede im Kohlenhydratgehalt zwischen der Kontroll- und der 100 dz Strohvariante gesichert sind. Durch Mittelwertbildung wird weiterhin versucht, die Abhängigkeit der erhaltenen Meßwerte für reduzierende Zucker von den verschiedenen Düngungsmaßnahmen zu erfassen.

Tabelle 43

Kohlenhydratgehalt des Bodens nach der Hydrolyse mit 72% Schwefelsäure
(mg /g Boden)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	2.34	2.47	2.65	2.97	2.77

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀	N ₆₀
1972	2.55	2.61	2.70	2.69

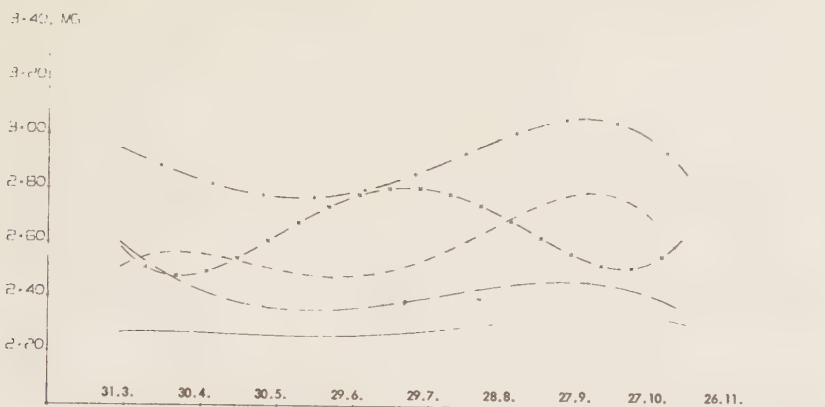


Abb. 110: MG KH/G BODEN GESAMTKOHLNHYDRAT DES BOSENS

N₀

Kontrolle	—	MET ZS VAR. 1
Gründüngung	- - -	MET ZS VAR. 5
50 dz/ha Stroh	...	MET ZS VAR. 9
100 dz/ha Stroh	- . - .	MET ZS VAR. 13
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - -	MET ZS VAR. 17

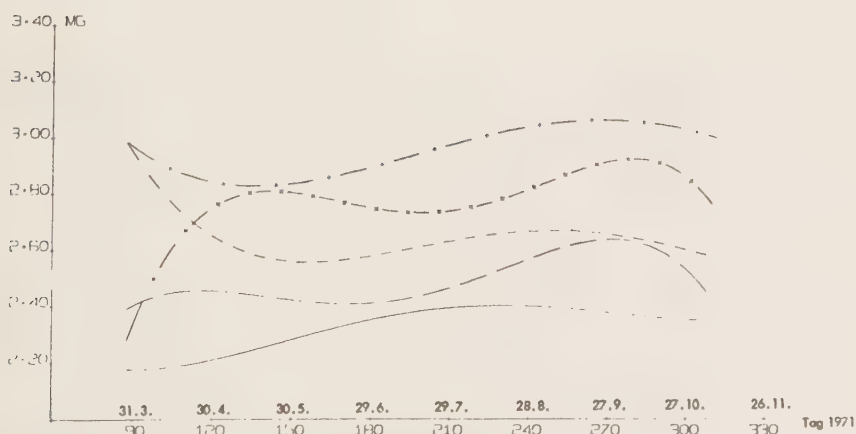
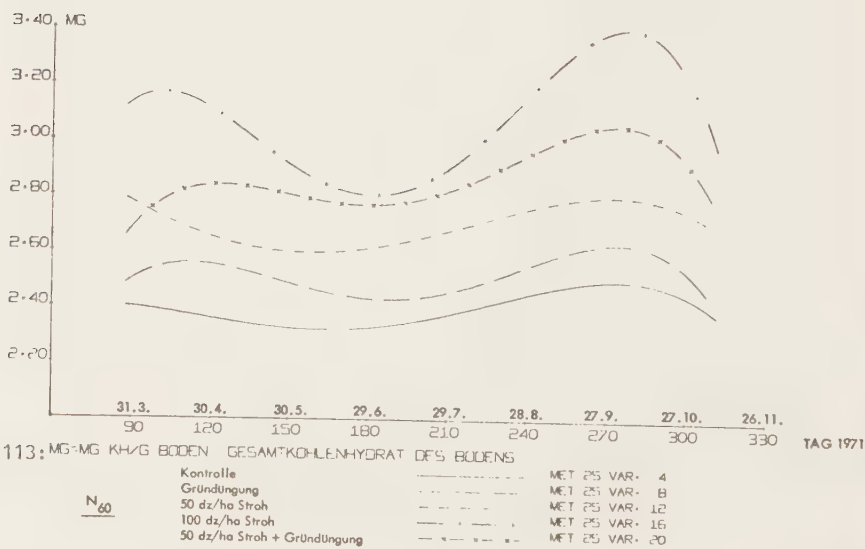
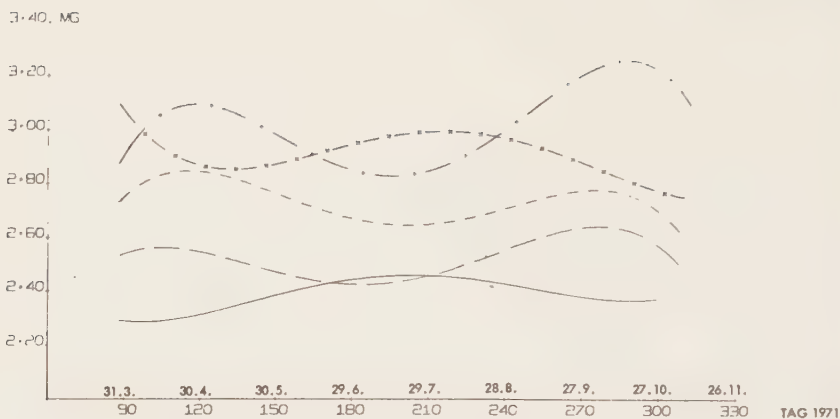


Abb. 111: MG KH/G BODEN GESAMTKOHLNHYDRAT DES BOSENS

N₂₀

Kontrolle	—	MET ZS VAR. 2
Gründüngung	- - -	MET ZS VAR. 6
50 dz/ha Stroh	...	MET ZS VAR. 10
100 dz/ha Stroh	- . - .	MET ZS VAR. 14
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	- - - -	MET ZS VAR. 18



Aus der Tabelle 43 ist zu erkennen, daß eine Zunahme der reduzierenden Zucker mit Steigerung der Menge an organischer Masse in den Varianten der organischen Düngung eintritt. Bei der höchsten Strohgabe (100 dz/ha) ist der größte Unterschied zur Kontrolle festzustellen. Dieser Befund stimmt mit den Ergebnissen von ZADRAZIL (1971) überein, der ebenfalls einen positiven Einfluß der Strohdüngung auf den "Zuckergehalt" im Boden fand.

Den Ergebnissen von ZADRAZIL entsprechend hat sich der "Zuckergehalt" im Boden auch mit steigender Stickstoffdüngung etwas erhöht. Dieser Einfluß ist bei der höchsten Stickstoffstufe nicht mehr vorhanden. Die durch die organischen Düngungsvarianten hervorgerufenen Unterschiede sind größer als die durch die Stickstoffdüngungsvarianten.

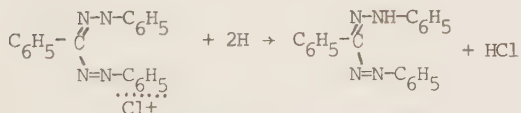
4.3

Ergebnisse der biologischen Untersuchung

4.3.1

Dehydrogenaseaktivität (DHA)

Die Dehydrogenaseaktivität wird als ein Maß für die biologische Aktivität eines Bodens betrachtet (LENHARD 1956, 1957, 1962, THALMANN, 1967, ALAA EL-DIN 1970 u.a.). Die Methode zur Bestimmung der DHA beruht darauf, daß die von Mikroorganismen gebildete Dehydrogenase mit Triphenyltetrazoliumsalzen rot gefärbtes Triphenylformazan bildet und die dabei entstehende Färbung als Maß für die Stoffwechselintensität der lebenden Zellen gelten kann.



Triphenyltetrazoliumchlorid

Triphenylformazan

LENHARD versuchte als erster über die Bestimmung der Dehydrogenaseaktivität ein Maß für die Menge an mikrobiell abbaubaren Humusstoffen und die Ver-

fügbarekeit der Pflanzennährstoffe im Boden zu erhalten.

Die Werte der Dehydrogenaseaktivität sind in den Abbildungen 114 - 119 und in Tabellen, Anhang 69 und 70, dargestellt. Die errechneten t-Werte zeigen, daß ein großer Teil der Differenzen innerhalb der Zeit- und Terminserien gesichert ist. Es ist aber auch zu erkennen, daß die Fehlerbreite in den verschiedenen Serien auffallend unterschiedlich ist. Die Ursache hierfür dürfte sein, daß bei jeder Einzelmessung ein Zustand gemessen wird, der aufgrund der Empfindlichkeit der Dehydrogenase gegen Außeneinflüsse schnelleren Veränderungen unterworfen ist. Da THALMANN (1967) und ZADRAZIL (1971) feststellten, daß eine längere Lagerung der entnommenen Bodenproben trotz konstanter Feuchtigkeit die Dehydrogenaseaktivität verändert, wurde durch eine möglichst gleiche Behandlung aller Varianten versucht, die bei der Probenentnahme auftretenden Fehler weitgehend auszuschalten.

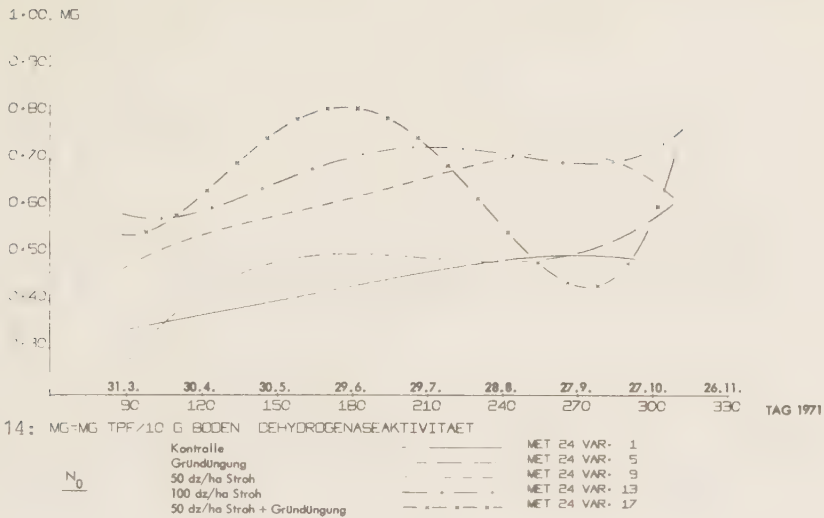
Vergleicht man die Frühjahrswerte mit den Herbstwerten in den Regressionskurven (Abbildung 114 - 119), kann man im Laufe der Vegetationsperiode 1971 zunächst einen allgemeinen Anstieg beobachten. Abgesehen von einzelnen Ausnahmen ist ein charakteristischer Gang der Kurven ersichtlich, mit einem Maximum in den Sommermonaten und einem leichten Abfall im Herbst. Der niedrigste Wert läßt sich im Frühjahr erkennen. Die Zeitkurven der Gründungsvarianten weisen im Herbst fast überall nochmals einen Anstieg auf. Dieser Anstieg hängt mit der durch das Wachstum des Ölrettichs erhöhten Aktivität zusammen.

Im Jahre 1972 läßt sich durch den ungleichmäßigen Verlauf der Kurven nur schwer eine allgemeine Gesetzmäßigkeit erkennen. Die Kontroll- und die Gründungsvarianten haben bei allen Stickstoffstufen einen gleichmäßigeren Verlauf als die anderen Varianten.

Aus den Mittelwerten der Varianten (Tabelle 44) läßt sich eine eindeutige Abhängigkeit der Dehydrogenaseaktivität von den verschiedenen organischen Düngungen erkennen. Eine steigende DHA wird in der Reihenfolge

Kontrolle < Gründüngung < 50 dz/ha Stroh < 100 dz/ha Stroh
< 50 dz/ha Stroh + Gründüngung

beobachtet.



1. (X), MG

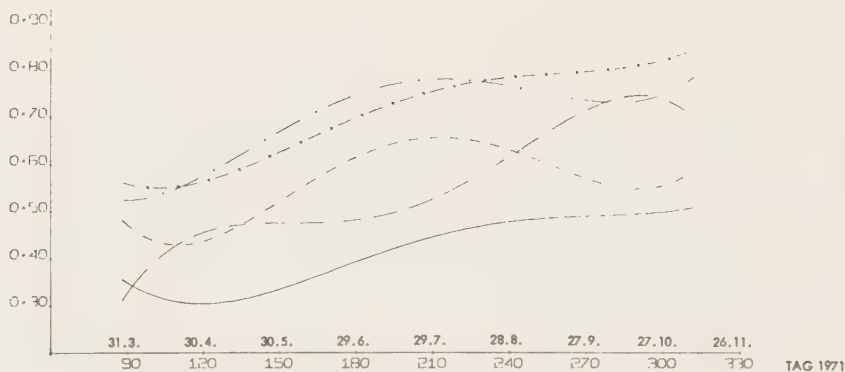


Abb. 116: MG=MG TPF/10 G BODEN DEHYDROGENASEAKTIVITÄT

N₄₀

1.00, MG

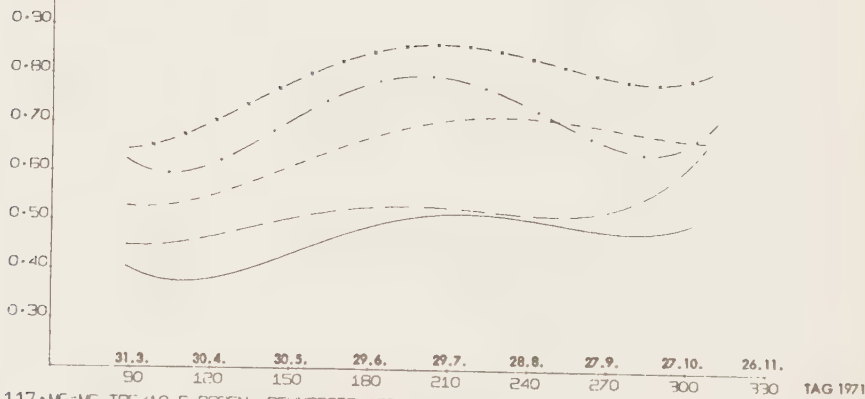


Abb. 117: MG=MG TPF/10 G BODEN DEHYDROGENASEAKTIVITÄT

N₆₀

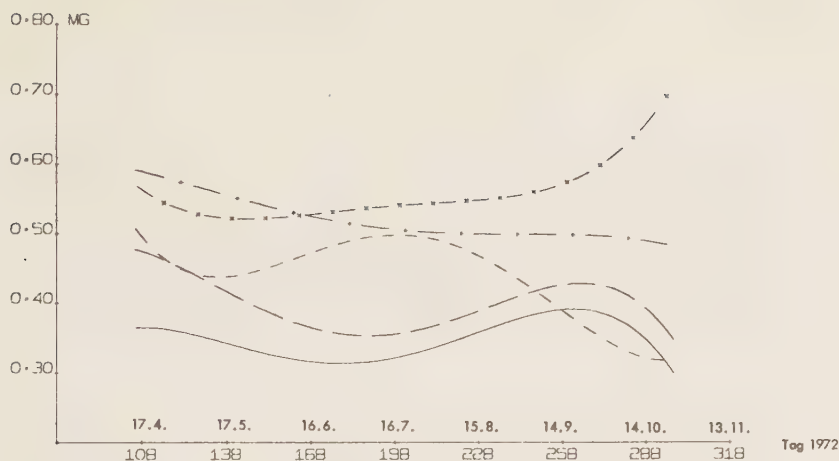


Abb. 118: MG-MG TPF/10 G BODEN DEHYDROGENASEAKTIVITÄT

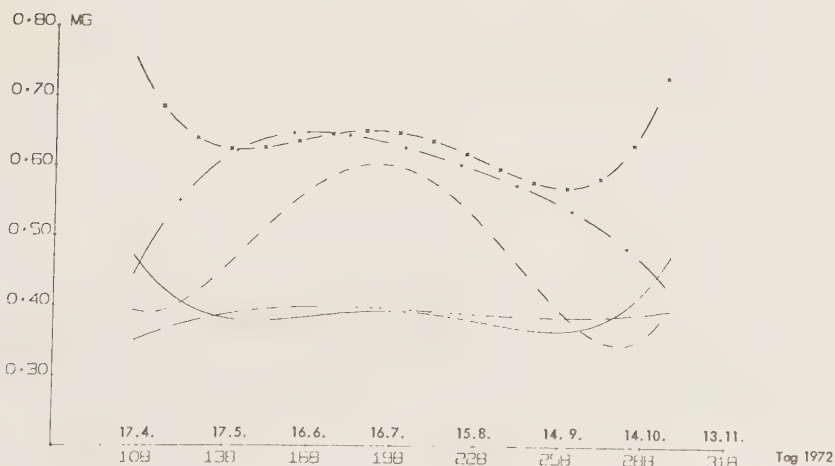
N₀

Abb. 119: MG-MG TPF/10 G BODEN DEHYDROGENASEAKTIVITÄT

N₇₅

In beiden Untersuchungsjahren ist die Reihenfolge gleich, obwohl die Mittelwerte des Jahres 1972 niedriger sind, d. h., daß eine geringere Mikroorganismenaktivität im Boden vorliegt. Die Untersuchungen von ALAA EL-DIN (1970) ergaben ebenfalls, daß die Einbringung von Getreidestroh in den Boden ein regeres Bodenleben hervorruft, was in einer Förderung der Dehydrogenaseaktivität und der CO_2 -Entwicklung ihren Ausdruck findet.

Tabelle 44

Dehydrogenaseaktivität (mg TPF/10 g Boden)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kontrolle	Gründüngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	0.432	0.524	0.611	0.695	0.711
1972	0.372	0.391	0.462	0.544	0.606

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N_0	N_{20}	$\text{N}_{40(75)}$	N_{60}
1971	0.570	0.593	0.583	0.625
1972	0.453		0.496	

Die Zunahme der DHA mit steigender Stickstoffdüngung wird durch den niedrigeren Wert der Variante N_{40} im Jahre 1971 durchbrochen. Jedoch dürfte aus der sonst zu beobachtenden Zunahme der Werte auf eine, die DHA steigernde Wirkung der Stickstoffdüngung geschlossen werden.

4.3.2 CO₂-Produktion

Die CO₂-Produktion eines Bodens ist sowohl das Ergebnis der Aktivität der Bodenorganismen als auch der Wurzelatmung. Aus diesem Grunde kann sie mit einigen Einschränkungen zur Messung der biologischen Aktivität im Boden angewendet werden.

Die Messung der Kohlendioxydfreisetzung wurde wöchententlich mittels der Lundegardschen Atmungsglocke auf dem Felde durchgeführt. Die erhaltenen Werte können aus den Abbildungen 120 und 121 und Tabellen, Anhang 71 und 72, entnommen werden.

Im Laufe der Vegetationsperioden ist die Intensität der CO₂-Produktion durch die unterschiedliche Bodentemperatur und -feuchtigkeit veränderlich. Im April, mit beginnender Vegetationszeit, steigen die Atmungskurven rapid an und fallen nach der Ernte wieder steil ab. In den Sommermonaten 1971 sind zwei verhältnismäßig starke Minima, das erste zwischen dem 8. 6. und 28. 6. und das zweite am 20. 7., festzustellen. 1972 liegt der Minimumbereich, der von einem kleineren Maximum unterbrochen ist, zwischen dem 13. 6. und 11. 7. Diese Veränderungen sind hauptsächlich von der Bodentemperatur abhängig. Darüber wird in der Diskussion ausführlich eingegangen.

Um die Wirkung der organischen Düngung auf die CO₂-Produktion deutlicher erkennen und gleichzeitig die Ergebnisse der beiden Untersuchungsjahre besser vergleichen zu können, wurde zunächst ein Mittelwert aus allen Messungen einer organischen Düngervariante bis zur Herbstanlage, ein weiterer Mittelwert für die Messungen nach der Herbstanlage bis zur letzten Messung im Jahre und anschließend ein Mittelwert für alle Messungen innerhalb einer Vegetationsperiode gebildet und in Tabelle 45 zusammengestellt.

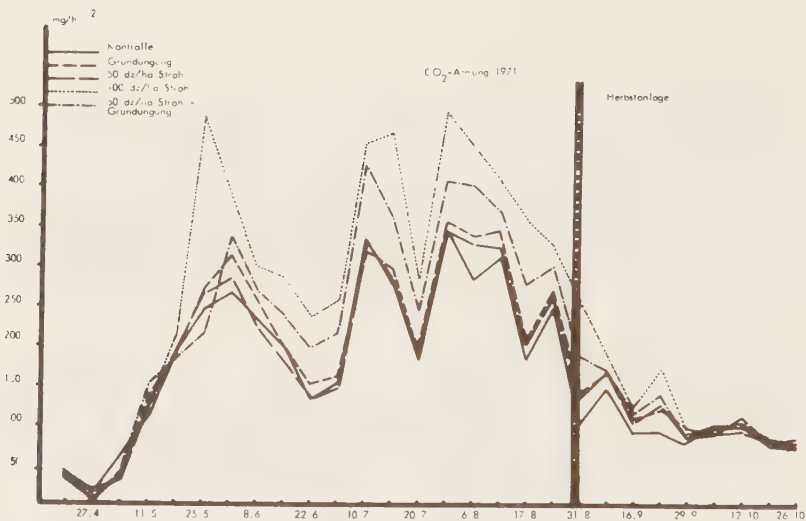


Abb. 120

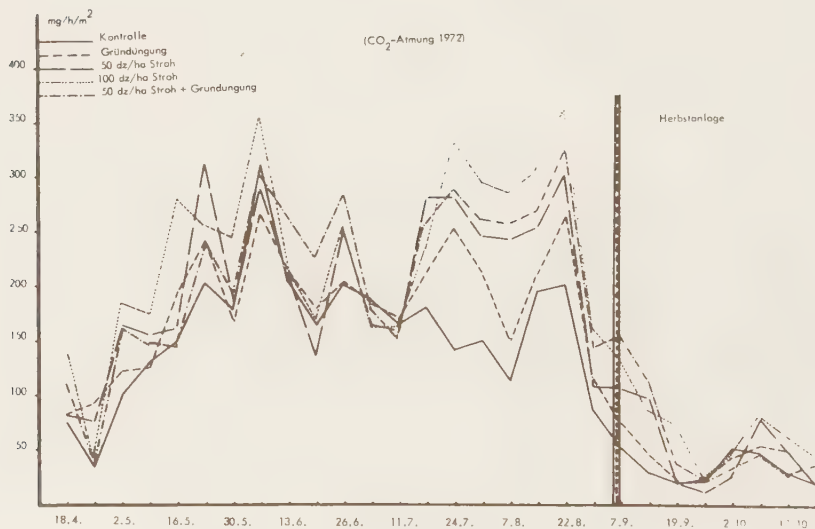


Abb. 121

Tabelle 45

CO₂-Atmungswerte in mg/h/m²

	1 9 7 1			1 9 7 2		
	14.4.- 24.8.	31.8.- 26.10.	14.4.- 26.10.	18.4. 28.8.	7.9.- 23.10.	14.4.- 23.10.
Kontrolle	180.4	95.8	156.2	159.4	35.1	123.9
Gründüngung	208.4	110.9	180.5	184.6	42.7	144.0
50 dz/ha Stroh	198.4	106.8	172.2	210.8	52.0	165.4
100 dz/ha Stroh	280.4	132.4	238.8	231.2	70.2	185.2
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	237.8	118.3	203.6	210.1	60.0	167.2

Im Jahre 1971 zeigen die verschiedenen organischen Düngervarianten in der Reihenfolge

Kontrolle < 50 dz/ha Stroh < Gründüngung ≈ 50 dz/ha Stroh +
Gründüngung < 100 dz/ha Stroh

eine zunehmende CO₂-Produktion. Der Mittelwert der Gründüngungsvariante liegt in diesem Jahr höher als der der 50 dz/ha Strohvariante. Im Jahre 1972 wechseln in der aufgeführten Reihenfolge die Gründüngungs-, und die 50 dz/ha Stroh-Variante ihre Plätze.

Die durchschnittliche Kohlendioxidproduktion beträgt im Jahre 1971 etwa 190 mg/h/m² und liegt somit um 18 % höher als im Jahre 1972 mit etwa 157 mg/h/m².

4.4 Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen

4.4.1 Krümelstabilität

Die Bodenstruktur hat eine besondere Bedeutung für den Wasser- und Lufthaushalt, für das Bodenleben und die Nährstoffaufnahme der Pflanzen. Nach KULLMANN (1957) wird dann von einem optimalen Strukturzustand eines landwirtschaftlich genutzten Bodens gesprochen, wenn eine stabile Krümelstabilität vorliegt. Böden mit besserer Krümelstabilität weisen eine höhere Produktivität auf.

Zur Bestimmung der Krümelstabilität des Bodens wurden die Fraktionen größer als 5 mm, 5 - 2 mm, 2 - 1 mm und 1 mm - 0,25 mm untersucht (Anhang 73 - 76). Die Meßergebnisse an der ersten Fraktion, die nur relative Bindungskräfte zum Ausdruck bringen, sind als Mittelwertskurven im Verlauf der Vegetationszeit in Abhängigkeit von den verschiedenen organischen Düngungen und den Stickstoffstufen aufgezeichnet (Abbildung 122 und 123).

Der größte Teil an bindungsstabilen Bodenaggregaten wird in der Stroh-Gründungskombination gefunden. Bis Mitte Juni 1971 zeigen die 100 dz/ha- und die 50 dz/ha Strohvariante etwa die gleichen Werte, danach nimmt die Krümelstabilität in der 100 dz/ha Strohvariante stärker zu. Dieser Effekt ist auf eine Wirkung des Strohs zurückzuführen. Bei der Betrachtung des Verlaufs der Gründungsvariante fällt der Einfluß des Ölrettichs auf, da die Werte bis zur Getreideernte Mitte August niedriger und nach der Aussaat von Ölrettich deutlich höher liegen als in der 50 dz/ha Strohvariante. Die geringste Krümelstabilität ist bei der Kontrollvariante zu erkennen.

Die geringe Krümelstabilität im Frühjahr und im Herbst wird auf die Frostwirkung bzw. auf die Bodenbearbeitung zurückzuführen sein. Die durch die Bodenbearbeitung entstandene Verringerung der Krümelstabilität kann teilweise durch die Gründung aufgehoben werden.

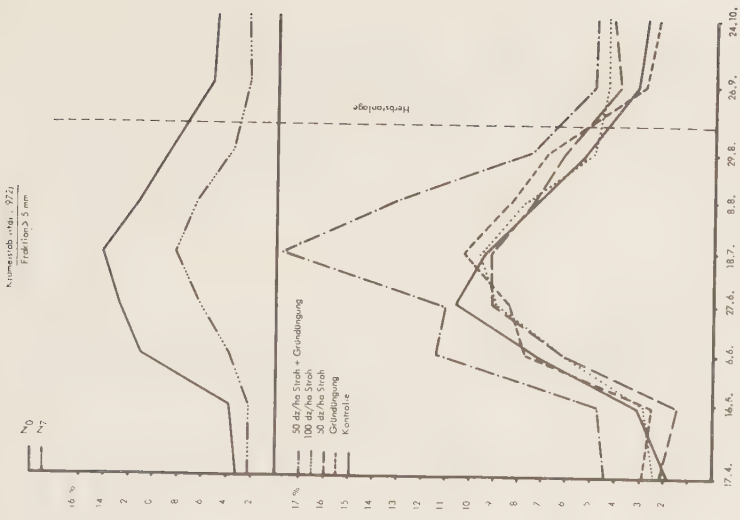


Abb. 123: Prozentanteil an Krümeln über 5 mm Durchmesser im Jahre 1972

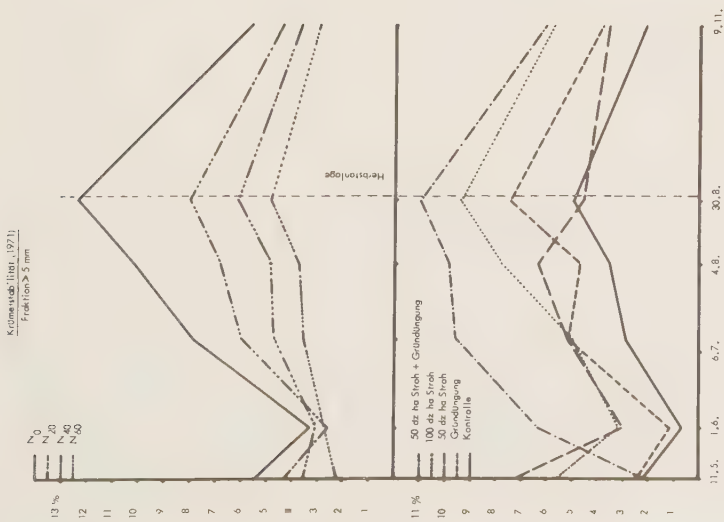


Abb. 122: Prozentanteil an Krümeln über 5 mm Durchmesser im Jahre 1971

Im Jahre 1972 ist der Verlauf der Kurven der organischen Varianten einschließlich der Kontrolle, abgesehen von der Stroh-Gründungskombination, nicht so unterschiedlich wie im Jahre zuvor. Dennoch ist die Wirkung der Gründüngung zu erkennen.

Tabelle 46

Krümelstabilität (%)

Mittelwerte aller N-Stufen einer organischen Düngungsvariante

	Kon- trolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung
1971	2.74	4.14	5.43	5.96	7.93
1972	5.66	5.84	5.59	5.74	8.92

Mittelwerte aller organischen Varianten einer Stickstoffstufe

	N ₀	N ₂₀	N ₄₀ (75)	N ₆₀
1971	7.48	5.40	4.38	3.37
1972	8.41		4.28	

Aus dem Verlauf der Kurven und der Mittelwerte der Varianten (Tabelle 46) ergibt sich, daß mit steigender Strohdüngung die Krümelstabilität zunimmt, aber bei der Stroh-Gründungskombination am größten ist.

Während SCHMID (1959) einen positiven Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Krümelstabilität feststellte, zeigen die vorliegenden Untersuchungsergebnisse (Tabelle 46, unterer Teil) in Übereinstimmung mit denen von ZADRAZIL (1971) eine negative Korrelation mit der Stickstoffdüngung (Tabelle 47). Dieser Befund gilt im gesamten Untersuchungszeitraum für alle organischen Varianten, einschließlich der Kontrolle. Diese gegensätzlichen Angaben sind mit hoher Wahrscheinlichkeit darauf zurückzuführen, daß SCHMID (1959) keine direkte Bestimmung der Krümelstabilität durchführte,

sondern sie aus dem Strukturwert nach der visuellen Strukturmethode nach PEERLKAMP et al. erschließt. Bei dieser Methode wird ein Mittelwert aus Schätzwerten von sieben Merkmalen gebildet. Von diesen Merkmalen wurden einige günstig durch den Stickstoff wie z. B. die Durchwurzelung beeinflusst. Dadurch wird vermutlich die negative Korrelation zwischen Stickstoff und Krümelstabilität überdeckt.

Tabelle 47

Krümelstabilität in Abhängigkeit von den Stickstoffstufen

1971	11.5.	1.6.	6.7.	4.8.	30.8.	9.11.
Korrelations- koeffizient	- 0.997	-0.534	-0.993	-0.973	-0.960	-0.996

4.4.2 Bodentemperatur

Die Intensität des Bodenlebens und vieler Bodenprozesse wird von der Temperatur im Boden beeinflusst. Insbesondere das Wachstum der Mikroorganismen bei einem Temperaturoptimum von 25 - 37° C. Zur Deutung der Veränderungen der Mikroorganismenaktivität werden daher hauptsächlich Unterschiede in der Bodentemperatur herangezogen. Aus diesem Grunde wurde wöchentlich in drei verschiedenen Bodentiefen (8, 15, 20 cm) die Temperatur an vier Tageszeiten (10, 12, 14 und 16 Uhr) gemessen und zur weiteren Auswertung die Meßergebnisse an einem Termin als Mittelwert gebildet (Anhang 77 und 78).

Im Jahre 1971 wird die höchste Bodentemperatur in der Zeit vom 10. 7. bis 10. 8. mit Werten zwischen 17° C und 19° C registriert, wobei jedoch die Messungen am 20. 7. einen Mittelwert von 14.6° C zeigen. Die höchsten Werte im Jahre 1972 betragen am 18. 7. - 8. 8. zwischen 17.4° C und 20.9° C. Wie schon bei den phänologischen Daten geschildert, liegt die mittlere Jahrestemperatur gemessen in 2 m Höhe im Jahre 1972 etwas niedriger als im Jahre 1971.

Wie aus der Tabelle 48 zu ersehen ist, ergeben sich gute Korrelationskoeffizienten zwischen der Bodentemperatur und der CO_2 -Produktion. Verhältnismäßig niedrigere Korrelationskoeffizienten im Jahre 1972 sind dadurch bedingt, daß die Messung der Bodentemperatur ein bis zwei Tage später als die Messung der CO_2 -Produktion erfolgte.

Tabelle 48

Korrelationskoeffizient und Regressionsgleichung zwischen der Bodentemperatur und der CO_2 -Produktion.

	1 9 7 1			1 9 7 2		
	r	a	b	r	a	b
Kontrolle	0.879	24.28	-164.2	0.708	12.20	- 7.49
Gründüngung	0.906	27.71	-171.1	0.793	14.18	- 14.40
50 dz/ha Stroh	0.915	26.84	-168.0	0.771	16.57	- 23.21
100 dz/ha Stroh	0.886	39.90	-266.2	0.732	15.39	- 6.19
50 dz/ha Stroh +Gründüngung	0.914	33.40	-220.8	0.882	17.97	- 42.60

Wie die a- und b-Werte zeigen, ist die Lage und Steigung der Regressionsgeraden im Koordinatensystem in Abhängigkeit von den verschiedenen organischen Düngemaßnahmen unterschiedlich.

Die Ursache der Veränderungen der Mikroorganismenaktivität, ausgedrückt in der CO_2 -Produktion, kann somit auf Temperaturveränderungen zurückgeführt werden. Der Temperatureinfluß kommt umso stärker zur Auswirkung, je höher die biologische Potenz des Bodens liegt. Bei der 100 dz/ha Strohvariante ist die CO_2 -Produktion wesentlich höher und damit ihre Veränderungen im Laufe der Vegetationszeit stärker als bei den anderen Varianten.

4.5 Ertrag

Da der Ertrag das beste Maß für die Produktivität eines Bodens ist, sollen die ermittelten Daten des Bodens dem Ertrag gegenübergestellt und die Beziehungen zwischen diesen Werten und dem Ertrag untersucht werden. Die Erträge sind in absoluter Trockenmasse jeweils mit Angabe des mittleren Fehlers ($\pm \bar{m}$) für Stroh, Korn und Gesamtertrag (Stroh + Korn) in den Tabellen 52 und 53 zusammengefaßt worden.

Im Jahre 1971 liegen die Kornерträge von Sommergerste zwischen 37.8 und 45.6 dz/ha und 1972 die von Winterweizen zwischen 26.9 und 49.1 dz/ha.

Die Kontrollvariante hat im Jahre 1972 einen kontinuierlichen Zuwachs der Erträge in Abhängigkeit von der Höhe der Stickstoffdüngung. Zwischen N_0 und N_{50} ist die größte Differenz im Vergleich zu den anderen organischen Düngungsmaßnahmen zu beobachten. Sie betragen für die Kornерträge etwa 15 dz/ha und für die Stroherträge etwa 12 dz/ha, was etwa 34 bzw. 27 % des Ertrages entspricht.

Im Jahre 1971 bestehen keine wesentlichen Unterschiede zwischen der Variante N_0 und N_{20} . Die höchsten Kornерträge sind bei N_{20} erreicht worden. In beiden Untersuchungsjahren steigen die Stroherträge mit steigender Stickstoffdüngung an, wobei die Steigungsrate bei Winterweizen höher liegt als bei Sommergerste.

Nach Gründüngung werden insbesondere im Jahre 1972 im Vergleich zur Kontrolle höhere Erträge erhalten. Der höchste Strohertrag des Versuchs wurde 1971 bei N_{60} festgestellt. Dies ist auch gleichzeitig der Höchstbetrag im Gesamtversuch. Die höchsten Kornерträge erbringt im Jahre 1971 die Variante N_0 und 1972 die Variante N_{25} .

In beiden Untersuchungsjahren hatte die Stroh-Gründüngungskombination im allgemeinen einen höheren Korn- und gleichzeitig einen geringeren Strohertrag. Den höchsten Kornерtrag erreicht im Jahre 1971 die Variante N_{60} . Im Jahre 1972 ist der Höchstbetrag bei N_{50} . Die Stroherträge dieser sowie auch anderer Varianten nehmen mit steigender Stickstoffdüngung zu. Es ist aber zu erwähnen, daß der mittlere Strohertrag im

Tab. 49 Ständiger Weizen-Gerstenbau in Stroh-Gründüngung

R-Holzhausen 1971 zu Sommer-Gerste "Sandgrenzweg (4)"

Erträge dz/ha absol. Trockenmasse $\frac{+}{-}$ m

+ = Höchstbetrag

□ = Höchstertragsgebiet

Varianten	Kontrolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh + Gründüngung	Mittelwerte $\bar{x}$
<u>Korn</u>						
N ₀	39,6 0,63	41,3 1,20	42,1 0,69	45,6 ⁺ 0,65	41,2 0,32	41,9
N ₂₀	40,0 0,39	40,8 0,70	42,3 0,96	42,7 0,77	41,0 0,69	41,3
N ₄₀	37,9 0,72	38,7 0,83	40,4 0,78	41,6 0,47	40,8 0,33	39,8
N ₆₀	38,7 0,52	37,8 1,34	39,3 1,13	41,8 1,18	42,7 0,82	41,8
Mittel- werte $\bar{x}$	39,0	39,6	41,0	42,9	41,4	
<u>Stroh</u>						
N ₀	31,8 1,51	32,3 1,77	34,1 0,62	35,0 0,55	32,7 0,64	33,1
N ₂₀	33,4 1,34	35,6 1,26	33,1 0,53	35,4 0,56	31,3 0,64	34,7
N ₄₀	34,1 1,12	33,9 0,45	35,1 0,73	35,4 1,05	34,5 10,7	35,4
N ₆₀	35,3 0,86	38,1 ⁺ 0,36	34,7 0,62	37,1 1,21	35,0 0,95	38,5
Mittel- werte $\bar{x}$	33,6	34,9	34,2	35,7	33,3	
<u>Gesamt</u>						
N ₀	71,4 1,64	73,6 2,14	76,2 0,93	80,6 ⁺ 0,85	73,9 0,72	77,0
N ₂₀	73,4 1,44	76,4 1,44	75,4 1,10	78,1 0,95	72,3 0,94	77,2
N ₄₀	72,0 1,33	72,6 0,94	75,5 1,07	77,0 1,15	75,3 1,12	78,0
N ₆₀	74,0 1,01	75,9 1,39	74,0 1,29	78,9 1,69	77,7 1,26	80,3
Mittel- werte $\bar{x}$	72,7	74,6	75,2	78,6	74,2	

 $r = 0,239$ $r = 0,963$ $r = 0,912$

Tab. 5a Ständiger Weizen-Gerstenbau in Stroh-Gründüngung
 R-Holzhausen 1972 zu Wi-Weizen "Sandgrenzweg (4)"
 Erträge dz/ha Absol. Trockenmasse $\pm$ m
 += Höchstertag = Höchstertragsgebiet

Varianten	Kontrolle	Grün- düngung	50 dz/ha Stroh	100 dz/ha Stroh	50 dz/ha Stroh +Gründüngung	Mittelwerte $\bar{x}$
<u>Korn</u>						
N_0	26,9 1,40	36,4 1,31	36,8 2,02	45,7 1,72	37,0 2,02	36,5
N_{50}	41,4 1,59	47,0 0,96	47,9 0,80	48,4 1,88	49,0 ⁺ 1,04	46,6
N_{75}	46,9 0,96	48,4 1,03	49,1 1,21	46,0 1,30	46,6 1,23	47,4
N_{100}	47,4 1,54	46,7 0,46	48,7 1,42	43,3 1,19	46,9 1,89	46,6
Mittel- werte $\bar{x}$	40,5	44,7	45,6	45,8	44,8	
<u>Stroh</u>						
N_0	32,1 2,89	43,5 1,02	43,1 1,16	46,1 1,81	38,3 1,21	40,6
N_{50}	44,3 1,64	50,9 1,72	55,0 1,57	53,4 1,54	51,6 1,56	51,0
N_{75}	50,0 1,60	55,4 1,30	55,5 2,74	53,4 1,13	57,6 1,50	54,3
N_{100}	57,5 2,20	61,0 1,34	65,3 ⁺ 0,71	58,2 3,00	58,9 1,88	60,1
Mittel- werte $\bar{x}$	45,9	52,7	54,7	52,7	51,6	
<u>Gesamt</u>						
N_0	59,0 2,35	79,9 1,66	79,9 2,33	91,8 2,50	75,3 2,36	77,1
N_{50}	85,4 2,28	97,9 1,97	102,9 1,76	101,8 2,43	100,6 1,88	97,7
N_{75}	96,9 1,87	103,8 1,66	104,6 3,00	99,4 1,72	104,2 1,94	101,7
N_{100}	104,9 2,69	107,7 1,42	114,0 ⁺ 1,59	101,5 3,23	105,8 2,67	106,7
Mittel- werte $\bar{x}$	86,5	97,3	100,3	98,6	96,4	

 $r = 0,875$ $r = 0,997$ $r = 0,977$

Vergleich zur 50 dz/ha Strohvariante in beiden Jahren abnimmt. Hierdurch wird der qualitative Einfluß der organischen Düngung auf die Ertragsbildung in Erscheinung treten.

Das zugeführte Stroh hat eine positive Wirkung auf den Korn- und Strohertrag und damit auch auf den Gesamtertrag. Die 50 dz/ha Strohvariante zeigt bei N_{75} den höchsten Korn-ertrag, bei N_{100} die höchsten Stroherträge und auch den höchsten Gesamtertrag bei Winterweizen. Die 100 dz/ha Strohvariante erreicht den höchsten Korn-ertrag bei der Stufe N_0 und erbringt den höchsten Gesamtertrag bei Sommergerste. Der mittlere Korn- und Strohertrag steigt mit der Strohdüngung des Bodens von ohne Stroh-Kontrolle über 50 dz/ha Stroh nach 100 dz/ha Stroh an.

Die ertragssteigernde Wirkung des eingepflügten Strohs wird im Jahre 1972 teilweise durch die zum Stroh hinzugegebene Stickstoffausgleichsdüngung positiv beeinflusst, da die Werte der Varianten N_0 in Abhängigkeit von der Höhe der Ausgleichsdüngung kontinuierlich ansteigen. So weist die Kontrolle ohne Ausgleichsdüngung 26.9 dz/ha Korn, die Varianten mit 50 kg N Ausgleichsdüngung zwischen 36.4 und 37 dz/ha Korn und die höchste Strohgabe mit 100 kg N-Ausgleichsdüngung 45.7 dz/ha Korn als Ertrag auf. Die gleiche Tendenz ist auch beim Stroh- und Gesamtertrag zu beobachten. Die Untersuchungen von DEBRUCK (1970) und ZADRÁZIL (1971), aber auch die eigenen machen deutlich, daß das Ertragsoptimum der letzten 10 Jahre ständigen Verschiebungen unterworfen ist. Dies ist hauptsächlich auf die Komplexfunktion zwischen der organischen und der Stickstoffdüngung zurückzuführen. Diese Komplexwirkung muß immer dann verdeckt werden, wenn bereits die einseitige Steigerung eines Faktors zum Höchstertragsgebiet führt. Für die vorliegenden Untersuchungen heißt das, daß bei der allgemein gestiegenen Bodenfruchtbarkeit des Versuchsstandortes durch langjährige organische Düngungsmaßnahmen das Ertragsoptimum schon bei relativ geringen Stickstoffgaben erreicht wird. Eine Vorstellung von der Größenordnung derselben kann deshalb unter Berücksichtigung der Versuchsjahre 1971 und 1972 lediglich die N_0 und begrenzt die $N_{20(50)}$ geben. Aber auch hier ist die Komplexwirkung schwer definierbar, weil ein Teil des zur Gründung bzw. zum Stroh gegebenen Stickstoffes direkt oder bzw. und über die Remineralisierung in die Stickstoffversorgung der Hauptkultur direkt eingreift. Die Verschiebung der

Ertragsoptima in den einzelnen Jahren erklärt sich aus der Wechselwirkung zwischen Mikroorganismen, Boden und Düngung.

Der Einfluß des Stickstoffs auf die Ertragsbildung kann aus den in den Tabellen 52 und 53 angegebenen Korrelationskoeffizienten des mittleren Ertrages aller organischen Varianten und der Stickstoffdüngerstufen entnommen werden. In beiden Untersuchungsjahren besteht eine sehr gute Beziehung zwischen den Stroherträgen und der Stickstoffgabe. Obwohl die Korrelationskoeffizienten besonders 1971 keinen direkten Einfluß des Stickstoffs auf die Kernerträge zeigen, weisen die Werte für die Gesamterträge relativ gute Beziehungen zum Stickstoff auf.

4.6 Vergleich verschiedener Vorbehandlungen der Bodenproben

Die Standardabweichungen für die einzelnen Methoden innerhalb der Serien waren bei den im Jahre 1971 untersuchten Proben bei den ersten vier Terminen höher als bei den darauffolgenden. Es wurde angenommen, daß die größere Feuchtigkeit des Bodens im Frühjahr bei den Vorbereitungen (im nassen Zustand auf 2 mm sieben) eine Entmischung der Proben verursacht hat, wodurch eine Inhomogenität des Bodens hervorgerufen wird. Um diesen Einfluß der Vorbehandlung auf die Streuung der Einzelmeßwerte bestimmen zu können, wurden die Standardabweichungen der Kohlenstoffbestimmung bei verschiedenen Probenvorbereitungen verglichen (Tabelle 51).

Die Standardabweichungen der Vorbehandlung (V 4) sind am Anfang der Vegetationszeit (BU 41 - 43) im Vergleich mit den anderen Vorbehandlungen am größten. Im weiteren Verlauf der Vegetationszeit werden die Standardabweichungen (BU 44 - 47) durch die Zersetzung des Strohes verhältnismäßig kleiner. Nach dem Unterbringen des Strohes (31.8.71) in den Boden steigen die Standardabweichungen wieder an (BU 48 - 49). Die Standardabweichungen der Vorbehandlung "strohfrei" (V 5) zeigen im Laufe der Vegetationsperiode verhältnismäßig geringe Unterschiede. Sie liegen in den meisten Fällen zwischen den Vorbehandlungen V 3 und V 4.

Tab. 51: Veränderungen der Standardabweichung der Methoden innerhalb einer Serie im Laufe der Vegetationsperiode
 Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Raulisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens,
 FAL, 1972, zu Winterweizen

	Hauptvegetation						Herbstanlage		
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.	BU 49 24.10.
01 Extinktion des Pyro- phosphatextraktes	0.1095	0.0270	0.0735	0.0523	0.0387	0.0170	0.0585	0.0704	0.0625
02 Extinktion der Humin- säurefraktion (HSF)	0.0476	0.0272	0.0453	0.0309	0.0327	0.0233	0.0190	0.0443	0.0454
05 C-Bestimmung zu 01	0.4210	0.1916	0.4454	0.2047	0.4441	0.1361	0.0667	0.2862	0.3295
06 C-Bestimmung zu 02	0.0794	0.1575	0.1000	0.2869	0.1399	0.1148	0.0438	0.0649	0.1180
09 C-Bestimmung Gesamt- boden	0.2516	0.2252	0.1911	0.1479	0.1414	0.0841	0.1324	0.2525	0.1968
10 N-Bestimmung Gesamt- boden	0.0053	0.0139	0.0327	0.0082	0.0154	0.0092	0.0127	0.0297	0.0099
16 Gesamt-N im Hydrolysat	0.0075	0.0345	0.0321	0.0197	0.0299	0.0130	0.0052	0.0135	0.0108
17 Amid-N "	0.0056	0.0115	0.0238	0.0080	0.0115	0.0089	0.0027	0.0049	0.0087
18 Amid-Hexasamin-N im Hydrolysat	0.0060	0.0097	0.0170	0.0070	0.0117	0.0049	0.0024	0.0045	0.0059
19 Amid-Hexasamin-Amino- N im Hydrolysat	0.0064	0.0098	0.0234	0.0209	0.0246	0.0050	0.0043	0.0116	0.0046
20 Gesamt-N zu 01	0.0591	0.0195	0.0162	0.0166	0.0193	0.0091	0.0088	0.0125	0.0104
21 Gesamt-N zu 02	0.0089	0.0173	0.0123	0.0053	0.0061	0.0060	0.0038	0.0070	0.0054
24 Dehydrogenaseaktivität i. Boden	0.0326	0.0404	0.0147	0.0248	0.0160	0.0135	0.0122	0.0731	0.1462
Mittelwert aus allen Methoden	0.0800	0.0603	0.0790	0.0620	0.0716	0.0342	0.0286	0.0673	0.0733

Tab.52:

Der Vergleich der Standardabweichungen der Kohlenstoffbestimmungen in den einzelnen Serien (BU 41 - 49) in Abhängigkeit von verschiedenen Bodenvorbehandlungen.

Auswertung von dem Versuch "Sandgrenzweg (4)" Rautisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen

Bodenproben	BU 41	BU 42	BU 43	BU 44	BU 45	BU 46	BU 47	BU 48	BU 49
Vorbereitung	17.4.	16.5.	6.6.	27.6.	18.7.	8.8.	29.8.	26.9.	24.10.
V 3 übliche Behandlung	0.00798 <1>	0.02451 <1>	0.01345 <1>	0.01193 <3>	0.00854 <2>	0.09959 <3>	0.03106 <3>	0.01984 <1>	0.01916 <2>
V 5 Strohfrei	0.03692 <3>	0.03166 <2>	0.05570 <2>	0.01142 <2>	0.09275 <3>	0.01161 <2>	0.01395 <2>	0.11876 <2>	0.01649 <2>
V 4 Gesamtboden	0.1567 <2>	0.06322 <3>	0.09988 <3>	0.00677 <2>	0.00636 <1>	0.00930 <1>	0.01017 <1>	0.14902 <3>	0.04413 <3>

Aufgrund dieser Vorstellungen kann man auch die unterschiedlichen Standardabweichungen (Tabelle 52) im Laufe der Vegetationszeit auf den Zersetzungsablauf des Strohs zurückführen. Die Mittelwerte aus den Standardabweichungen der verschiedenen Methoden zeigen dieses. Zu Beginn der Vegetation und nach Unterbringen des Strohs im Herbst sind die höchsten Standardabweichungen zu beobachten.

5. Diskussion

In der vorliegenden Arbeit soll die Stoffdynamik in Ackerböden in zwei Richtungen verfolgt werden, einmal der Stoffumsatz im Laufe einer Vegetationsperiode und zum anderen Änderungen der Huminstoffsysteme bei langfristigen unterschiedlichen Düngungsmaßnahmen. Hierbei sollte festgestellt werden, inwieweit die angewandte Methodik für die Erfassung der Veränderungen in Ackerböden geeignet ist und welche Beziehungen sich zwischen den untersuchten Parametern und den ermittelten Erträgen daraus ergeben.

WALLIS et al. (1969) formulierten eine moderne Definition des Wesens der Statistik wie folgt: "Die Statistik ist eine Zusammenfassung von Methoden, welche uns erlauben, vernünftige Entscheidungen im Falle von Ungewißheit zu treffen."

Um auch in unserem Falle Entscheidungen treffen zu können, wird in erster Linie die Größe des Meßfehlers, die von zahlreichen Faktoren abhängt, errechnet. Aufgrund der Fehlerbreite bzw. der daraus errechneten t-Werte, mit denen geprüft wird, ob auftretende Unterschiede in den Zeit- und Terminserien statistisch gesichert sind, ergibt sich, welche der angewandten Methoden zur Erfassung bestimmter stofflicher Umsetzungen im Boden geeignet sind. So ergaben die Untersuchungen von 1972 im allgemeinen einen höheren Anteil an gesicherten Unterschieden, welche hauptsächlich auf die Automatisierung und eine Verbesserung der individuellen Handhabung der Methodik zurückzuführen ist. Die Stickstofffraktionierung, die Gesamtkohlenstoffbestimmung und die der Dehydrogenaseaktivitätsmessungen zeigen die am besten gesicherten Differenzen beider Jahre, dagegen liegen die Werte der optischen Messungen relativ ungünstig.

Stoffumsatz im Laufe der Vegetationsperiode

Die meisten der untersuchten Parameter zeigen im Laufe der Vegetationsperiode einen charakteristischen Verlauf. Der Gehalt an Gesamt-Kohlenstoff im Boden als Maß für die organische Substanz ist durch je ein Maximum im Frühjahr und im Herbst, und ein Minimum im Sommer gekennzeichnet. Das erste Maximum wird mit dem Zuwachs an Wurzelmasse gedeutet. Mit Fortschreiten der Vegetationszeit nimmt die CO_2 -Produktion bzw. die Mikroorganismenaktivität kontinuierlich zu, um im Sommer ein Maximum zu erreichen, das mit dem Minimum des Gehaltes an organischer Substanz zusammenfällt. Diesen Verlauf haben auch SAUERLANDT et al. (1971) bei Kohlenstoffbestimmungen gefunden. Das Herbstmaximum wird durch die Zersetzung der Ernterückstände und des mit der Herbstanlange eingebrachten Stroh- bzw. der Gründüngung bedingt.

Im Jahre 1971 zeigt der Kohlenstoffgehalt des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes (PNE) und der Kohlenstoffgehalt der Huminsäurefraktion (HSF) einen ähnlichen Verlauf wie der Gesamtkohlenstoffgehalt. Dabei nimmt mit steigendem Kohlenstoffgehalt des Bodens der prozentuale Anteil an extrahierbaren Substanzen zu, das heißt, das neu hinzugekommene Material geht zu einem höheren Prozentsatz in den Extrakt als das ältere Material.

Im Jahre 1972 zeigt der Kohlenstoffgehalt des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes (Huminsäurefraktion + Fulvosäurefraktion) zwischen Mitte April und Mitte Mai eine Abnahme, die dem Verlauf des Gesamtkohlenstoffgehaltes im Boden entgegengesetzt ist. Da im gleichen Zeitraum eine Zunahme des Kohlenstoffgehaltes der Huminsäurefraktion wie im Jahre 1971 zu beobachten ist, muß die Abnahme des Kohlenstoffgehaltes im Pyrophosphat-Natronlaugeextrakt auf einen verstärkten Abbau der Fulvosäurefraktion zurückgeführt werden (Abb. 124). Die Zunahme der spezifischen Extinktion

(größere Farbtiefe der Lösungen bei gleichem Kohlenstoffgehalt) des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes und die Abnahme aller Extinktionsquotienten (die Extinktionsquotienten der Huminsäurefraktion sind kleiner als die der Fulvosäurefraktion) bestätigen diese Vermutung. Die Ursache dürfte die höhere Mikroorganismenaktivität im Frühjahr (April-Mai) sein (Abb. 120). Die beiden Maxima des Kohlenstoffgehaltes der Huminsäure-

Abbildung 124: Mittelwerte der Kohlenstoffgehalte in der Huminsäure- und Fulvosäurefraktion aus allen organischen Düngungsvarianten und Stickstoffstufen im Laufe der Vegetationsperiode 1972



Fraktion treten zwei Monate später auf als die des Gesamtkohlenstoffgehaltes. Hieraus kann geschlossen werden, daß mit dem Beginn der Mikroorganismenaktivität im Frühjahr ein Aufbau der Huminsäurefraktion überwiegt, mit fortschreitender Mikroorganismenaktivität jedoch deren Abbau. Da das Maximum des Kohlenstoffgehaltes der Huminsäurefraktion auch im Herbst um zwei Monate verschoben ist, ist anzunehmen, daß der Aufbau dieser Fraktion aus der zugeführten organischen Substanz langsam erfolgt. Das C/N-Verhältnis in der Huminsäurefraktion zeigt, daß die neugebildeten Stoffe in dieser Fraktion stickstoffreicher sind und diese stickstoffreicheren Stoffe auch schneller wieder abgebaut werden.

Im Gegensatz zum Gehalt an Kohlenstoff im Boden und im Pyrophosphat-Natronlaugeextrakt zeigt der Kohlenstoffgehalt des Natronlaugeextraktes ein Maximum im Sommer. Mit Natronlauge wird 1/3 weniger Kohlenstoff extrahiert als mit Pyrophosphat-Natronlauge. Das mittlere C/N-Verhältnis im Natronlaugeextrakt ($C/N=7,29$) ist enger als das des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes ($C/N=8,34$). Da das C/N-Verhältnis in der Huminsäurefraktion ($C/N=10,50$) des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes weiter ist als das C/N-Verhältnis im Extrakt, ist anzunehmen, daß mit Natronlauge bevor-

zugt die Komponenten der Fulvosäurefraktion (FSF) extrahiert werden. Diese Vermutung wird dadurch bestätigt, daß die Extinktionsquotienten relativ hoch sind und der Kohlenstoffgehalt der Fulvosäurefraktion des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes im Sommer ein Maximum zeigt. Das Maximum des Kohlenstoffgehaltes im Natronlaugeextrakt bzw. in der Fulvosäurefraktion kann wie folgt gedeutet werden: Beim Abbau der im Frühjahr gebildeten Komponenten der Huminsäurefraktion treten deren Abbauprodukte in der Fulvosäurefraktion auf.

Während des Abbaus von organischen Substanzen im Boden geht der Kohlenstoff in Form von CO_2 aus dem Boden heraus, während der mineralisierte Stickstoff zum größten Teil im Stickstoffkreislauf des Bodens verbleibt (CZERNEY, 1966). Die zu erwartenden geringen Änderungen im Gesamtstickstoffgehalt des Bodens können mit der angewandten Methodik nicht erfaßt werden. Die Unterschiede im C/N-Verhältnis sind auf Unterschiede im Kohlenstoffgehalt des Bodens zurückzuführen. Dementsprechend geht das C/N-Verhältnis im Laufe der Vegetationsperiode dem Kohlenstoffgehalt annähernd parallel. Während der Gesamtstickstoffgehalt annähernd konstant bleibt, ändern sich die Mengenverhältnisse der verschiedenen Formen der Stickstoffbindungen im Laufe der Vegetationsperiode 1971 und 1972.

Die Zeitkurven des hydrolysierbaren Stickstoffes lassen im Jahre 1971 keinen einheitlichen Verlauf erkennen, da die verschiedenen organischen Düngevarianten eine unterschiedliche Lage der Maxima haben. Die Zunahme im Frühjahr könnte auf den Abbau stickstoffhaltiger, bis dato nicht hydrolysierbarer Verbindungen zurückgeführt werden. Es wird z. B. aus der Bindung von Peptiden an phenolische Verbindungen die ringständige Aminosäure nicht hydrolysiert (HAIDER, 1965, FLAIG et al. 1956, 1972). Nach Abbau des phenolischen Anteils dürften derartige Aminosäuren bzw. deren Sekundärprodukte im Hydrolysat erscheinen. Außerdem findet sich der im Frühjahr gedüngte Ammoniumstickstoff in dieser Fraktion.

Die Abnahme an hydrolysierbarem Stickstoff bei gleichzeitiger Zunahme des α -Aminostickstoffs und Abnahme des Ammonium- und Amidstickstoffs dürfte mit einer Zunahme der bei der oben beschriebenen Reaktion neugebildeten

Phenol-Aminosäure-Verbindungen, der mit der beobachteten Zunahme der Huminsäurefraktion zusammenfällt, zusammenhängen (GRABBE et al. 1971 und 1971 a). Die Abnahme wird zusätzlich durch den Stickstoffentzug durch die Pflanzenwurzeln und die Nitrifizierung bedingt, da die Nitrationen im Hydrolysat nicht mitbestimmt werden. Die zweite Anstiegsphase bei ebenfalls hoher Mikroorganismenaktivität - aber möglicherweise bei geänderter Zusammensetzung der Mikroorganismenpopulation (Populationsfolge) - dürfte auf einen erneuten Abbau der in der davor liegenden Phase aufgebauten, nicht hydrolysierbaren Anteile beruhen. An der Ausbildung des Herbstmaximums sind auch die eingearbeiteten Ernterückstände, die organische Düngung und die Ammoniumionen der Ausgleichsdüngung beteiligt, die anschließend abgebaut werden. Im Jahre 1971 sind die Zeitkurven flacher und weniger differenziert als im Jahre 1972. Auch ist der mittlere Gehalt an hydrolysierbarem Stickstoff im Jahre 1971 geringer. Dieser Unterschied ist hauptsächlich auf einen höheren Gehalt an hydrolysierbarem Stickstoff im Frühjahr bis Anfang Sommer 1972 zurückzuführen. Der Unterschied zwischen den beiden Jahren dürfte auf den höheren Temperaturen im Jahre 1971 beruhen (siehe 4.4.2). Durch die höhere Temperatur ist die Umsatzrate wesentlich erhöht, was in der um etwa 18 % erhöhten CO_2 -Produktion zum Ausdruck kommt. Bei gleichem mittleren Gesamtstickstoffgehalt wird im Zuge des erhöhten Umsatzes einerseits mehr Stickstoff in nicht hydrolysierbarer Form festgelegt und andererseits mehr Stickstoff nitrifiziert (RUSSEL, 1952 und LUNDEGARDH, 1954), so daß etwas weniger Stickstoff im Hydrolysat erscheint.

An Hand der Extinktionsquotienten (400/500 und 600/700) kann man qualitative Veränderungen in den löslichen Anteilen der Huminstoffsysteme im Laufe der Vegetationsperiode verfolgen. Die Kontrolle und die Gründüngungsvarianten lassen sowohl bei dem Pyrophosphat-Natronlaugeextrakt als auch bei den Huminsäurefraktionen einen verhältnismäßig wenig veränderten Stoffhaushalt durch monotonen Verlauf der Regressionskurven erkennen. Größere Veränderungen treten dagegen bei den organischen Düngungsvarianten mit Strohgabe auf. Diese ist bei EQ 4/5 durch zwei ausgeprägte Maxima, im Frühjahr und im Herbst, und bei EQ 6/7) durch ein Maximum im Sommer charakterisiert. Der entgegengesetzte Verlauf der Änderung der beiden Extinktionsquotienten läßt, wie aus Untersuchungen von SALFELD (1971) hervorgeht, auf das Vorhandensein von "Lignohumaten", die die unterschiedliche Steigung

verursachen, schließen.

SCHOBINGER (1958) stellte bei infrarotspektrographischen Untersuchungen Unterschiede zwischen den am Anfang der Strohrotte gebildeten Produkten und den Huminsäurefraktionen aus Böden fest. Mit fortschreiten dem Rotteprozeß werden die Spektren von der Ligninfraktion aus Rottestroh und der Huminsäurefraktion aus Böden ähnlicher. Diesen Effekt kann man bei einem Vergleich zwischen den Huminsäurefraktionen der organischen Düngevariante und der Kontrollvariante bei allen Stickstoffstufen an Hand der Änderungen der Extinktionsquotienten im Laufe der Vegetation bis zur Strohdüngung feststellen. Deutliche quantitative Unterschiede, bedingt durch die Anwendung verschiedener organischer Düngungsmaßnahmen auf Huminstoffsysteme, können aus den Extinktionsquotienten BQ 6/7 im Laufe der Vegetationsperiode entnommen werden. Das Maximum des Quotienten der 50 dz/ha Strohvarianten liegt bei allen Stickstoffstufen Mitte - Ende Juni, etwa zwei Monate später als das der Stroh-Gründungsvariante und dazwischen werden die der anderen Varianten beobachtet. Der monotone Verlauf der Regressionskurven des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes und der Huminsäurefraktion bei der Kontrolle und der Gründungsvariante lassen auf verhältnismäßig geringe Stoffveränderungen schließen.

An der Dehydrogenaseaktivität im Laufe der Vegetationsperiode kann - abgesehen von einzelnen Ausnahmen - ein charakteristischer Gang verfolgt werden, der mit dem Verlauf der CO₂-Produktion in Beziehung steht. Der niedrigste Stand läßt sich im Frühjahr erkennen. Mit Fortgang der Vegetationszeit zeigen beide Größen eine starke Zunahme, wobei die Werte im Sommer schwanken. Im Herbst nehmen sie wieder ab. Die Bodentemperatur und die CO₂-Produktion wurden im Jahre 1971 an gleichen Tagen und im Jahre 1972 mit ein bis zwei Tagen Verschiebung gemessen. Wie aus der Tabelle 48 zu entnehmen ist, ergeben sich besonders für das Jahr 1971 relativ gute Korrelationskoeffizienten. Die häufigen Schwankungen der CO₂-Produktion werden danach hauptsächlich von der Temperatur verursacht. Temperaturschwankungen um 2 - 4° C können bereits erhebliche Verschiebungen in dem quantitativen Ablauf biochemischer Vorgänge bewirken (METZ, 1973). Zur Bestätigung dieser Aussage kann bei den eigenen Untersuchungen festgestellt werden, daß ein Abfall der mittleren Temperatur im Boden von 17,3° C am 13. 7.

auf $14,5^{\circ}\text{C}$ am 20. 7. 1971 einen Abfall der CO_2 -Produktion verursacht hat, der bei allen Varianten bei etwa 50 % liegt.

Damit kann man einer Erklärung der beträchtlichen Änderung der Geschwindigkeit des Stoffumsatzes innerhalb einer kurzen Zeitspanne und einem dadurch bedingten unterschiedlichen Verlauf der untersuchten Parameter in beiden Vegetationsperioden näherkommen. Es ist anzunehmen, daß bei den vorherrschenden Klimaverhältnissen eine ausreichende Versorgung des Bodens mit Nährstoffen durch organische und anorganische Düngung und ausreichende Wasserversorgung durch relativ günstige Niederschläge die Intensität der Mikroorganismenaktivität hauptsächlich von dem relativ ins Minimum geratenen Wachstumsfaktor Temperatur abhängt.

Zum Schluß soll noch auf die Beziehungen zwischen Stoffumsatz im Laufe einer Vegetationsperiode und der Krümelstabilität des Bodens eingegangen werden. Die Krümelstabilität in beiden Untersuchungsjahren zeigt in Übereinstimmung mit den Untersuchungen von ZADRAZIL (1971) die höchsten Werte im Sommer vor der Bodenbearbeitung und die niedrigsten Werte im Frühjahr und im Herbst. Einen gleichen Verlauf der Zeitfunktion zeigt der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt der Natronlaugeextrakte und der der Fulvosäurefraktion des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes. Die Stroh-Gründüngungs-Variante weist über die ganze Vegetationsperiode die höchsten Werte für den Stoffumsatz und die Krümelstabilität auf. Es wäre zu prüfen, ob Polyuronide oder ähnliche Verbindungen für die Änderung der Krümelstabilität verantwortlich sind (FORSYTH, 1947).

Änderungen der Huminstoffsysteme bei langfristigen Düngemaßnahmen

Die Änderungen der Huminstoffsysteme bei langfristiger Anwendung unterschiedlicher Düngungsmaßnahmen soll an Hand der Unterschiede zwischen den verschiedenen Düngungsvarianten im zehnten und elften Versuchsjahr ermittelt werden. In der Tabelle 53 ist versucht worden, die Tendenzen der Veränderungen der untersuchten Parameter von der zugeführten organischen Düngung und der Stickstoffdüngung in einer Zusammenfassung darzustellen. In dieser Darstellung sind für jeden Parameter die Varianten, gekennzeichnet durch eine laufende Nummer, in einer Reihe nach steigendem Wert des

Parameters geordnet. In den mit einem + versehenen Reihen entspricht diese Reihenfolge der Menge an zugeführtem organischen Material

(Kontrolle < Gründüngung < 50 dz/ha Stroh,
< 50 dz/ha Stroh + Gründüngung < 100 dz Stroh)

bzw. der Menge an Stickstoff

(N_0 < N_{20} < $N_{40(75)}$ < N_{60})

Mit steigender organischer Düngung tritt im allgemeinen eine Erhöhung des Humusspiegels im Boden ein. Dieser Effekt wird sowohl im Kohlenstoffgehalt des Bodens als auch im Kohlenstoffgehalt des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes, dessen Huminsäurefraktion und des Natronlaugeextraktes ersichtlich. Die gleiche Tendenz zeigen auch die prozentualen Anteile des Kohlenstoffs in allen oben genannten Extrakten und in der Huminsäurefraktion. Das heißt, daß nicht nur die Menge, sondern auch die Zusammensetzung unterschiedlich ist. Auch die Unterschiede in den Extraktionsquotienten führen zu dem gleichen Schluß.

Der Kohlenstoffgehalt des Bodens steigt in Abhängigkeit von der Menge an zugeführtem organischen Material an. Das stimmt mit den Untersuchungen von SAUERLANDT et al. (1971) und ZADRAZIL (1971) überein. Es besteht bei den Strohvarianten eine mehr als lineare Zunahme des Kohlenstoffs. Dieser Effekt dürfte im wesentlichen auf die Höhe der Pflanzenerträge bzw. Ernterückstände zurückzuführen sein. Man kann auch einen positiven Einfluß des Stickstoffs auf den Kohlenstoffgehalt des Bodens feststellen, der hauptsächlich durch das Wurzelwachstum bedingt sein dürfte. Ein gleicher Effekt zeigt sich beim Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt der Extrakte. Danach kann man dem Stickstoff eine humusfördernde Funktion beimessen. Die Gründüngung und die kombinierten Gründüngungsvarianten weisen in beiden Jahren im Gesamtboden und in den verschiedenen Huminstofffraktionen ein relativ enges C/N-Verhältnis auf. Die Ursache dürfte in dem verhältnismäßig stickstoffreichen Ölrettich zu suchen sein. Dagegen zeigt 100 dz/ha Strohvariante wie zu erwarten überall das weiteste C/N-Verhältnis.

Tab. 53: Schematische Darstellung der Abhängigkeit der untersuchten Parameter von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung, geordnet nach ansteigenden Werten von links nach rechts

	Gesamt	Organische Düngung				N-Düngung			
		1971	1972	1971	1972	1971	1972	1971	1972
1	C	+ 1 2 3 4 5	2 1 3 4 5	+ 1 2 3 4	1 3				
2	N	+ 1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	+ 1 2 3 4	1 3				
3	C/N	2 1 3 4 5	2 1 3 4 5	2 4 1 3	1.3				
<u>Pyrophosphatextrakt</u>									
4	C	+ 1 2 3 4 5	1.2 3 4 5	+ 1 2 3 4	1 3				
5	C% von C-Gesamt	+ 2 1 3 4.5	1 2 3.5 4	1.3 2.4	1 3				
6	N	+ 1 2 3 5 4	1 2 3 4 5	+ 1 2 3 4	1 3				
7	C/N	2 4 3.1 5	2 1 4 3 5	+ 1 2 3 4	1 3				
8	Extinktion-500 nm	1 3 4 5 2	1.2 3 4 5	+ 1 2 3 4	1 3				
9	Spezif. Extinktion	- 5 4 3 2.1	5 4 3 1.2	2.4, 3 1	3.1				
10	BQ 4/5	+ 1 2 4 3 5	2 1 3 4 5	1 2 4.3	1 3				
11	BQ 5/6	1.2.3.4.5	1 2.3 4 5	1 3.2.4	1.3				
12	BQ 6/7	1 2 3 4 5	3.1 4.2.5	4 2.3.1	1.3				
<u>Huminsäurefraktion</u>									
13	C	+ 1 2 3 4 5	2.1 3 4 5	+ 1 2 3 4	1 3				
14	C% von C-Gesamt	+ 2 1 3 4 5	1.2 3 4 5	1.3 2 4	1 3				
15	C% von C-Pyrophosphate	1 2 3 4 5	3.1.2 4 5	3 2 1 4	1 3				
16	N	+ 1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2.3 4	1 3				
17	C/N	1.2 4 3 5	4.2.3 1 5	3 2 4 1	3 1				
18	Extinktion 500 nm	+ 1 2 3 4 5	2.1 3 4 5	+ 1 2 3 4	1 3				
19	Spezif. Extinktion	- 5 4 3 2 1	5 4 3 1.2	2 4.1 3	3 1				
20	BQ 4/5	+ 1 2 3 4 5	2 1 3 4 5	1.2.3.4	1.3				
21	BQ 5/6	1.2.3.4.5	1.2.3.4.5	1.2.3.4	1.3				
22	BQ 6/7	2.3.5 1.4	1.2.3.4.5	1.2 4.3	1.3				
<u>Fulvosäurefraktion</u>									
23	C	+ 1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2.3 4	1 3				
24	N	1 2.3 5 4	3.2 1 4 5	1 2.3 4	1 3				
<u>Natronlaugeextrakt</u>									
25	C	+ 1 2 3 4 5		+ 1 2 3 4					
26	C% von Gesamt-C	+ 1 2 4 3 5		1 2 4 3					
27	N	+ 1 2 3 4 5		1 2 4 3					
28	C/N	2 1 4 3 5		1.2.3 4					
29	Extinktion 500 nm	+ 1 2.3.4 5		+ 1 2.3 4					
30	Spezif. Extinktion	2 1 3.5 4		3 4 2 1					
31	BQ 4/5	3.1.4.2 5		1 2.3 4					
32	BQ 5/6	4.5.3 1 2		1.2.3 4					
<u>Hydrolysat 6 n HCl</u>									
33	N-Hydrolysat	+ 1 2 3 4 5	1 3 2 4 5	1 3	1 3				
34	N-Hydr. % von N-Gesamt	5 4 2 3 1	3 1 5 2 4	1 3	1 3				
35	"Amid"-N	1 2 3.4 5	1 3.2 4 5	1 3	1 3				
36	Amid-N% von N-Gesamt	- 5 4 2 3 1	5 4 3 1 2	1 3	1 3				
37	Amid-N% von N-Hydrolysat	5 4 2 3 1	5 4 1.2 3	3 1	1 3				
38	Hexosamin-N	1.2 3 4 5	2.3 4 1 5	1.3	1.3				
39	Hexosamin-N% von N-Gesamt	1.2 4 5 3	2.3 4 5 1	1.3	3 1				
40	Hexosamin-N% v. N-Hydr.	2 1 4 3 5	2 3 4 5 1	3 1	3 1				
41	-Amino-N	+ 1 2 3 5 4	1 2 3 4 5	1 3	1.3				
42	-Amino-N v. N-Gesamt	1.3 2 5 4	1 2 3 5 4	1 3	1 3				
43	-Amino-N v. H-Hydrolysat	1 3 2 5 4	1 2 5 4 3	1 3	3 1				
44	<u>Kohlenhydrat</u>	+ 1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 4 3					
45	<u>Dehydrogenaseaktivität</u>	1 2 3 5 4	1 2 3 5 4	1 3 2 4	1 3				
46	<u>CO₂-Produktion</u>	+ 1 2 3 4 5	1 2 3 4 5						
47	<u>Krümelstabilität</u>	1 2 3 5 4	3 1 5 2 4	4 3 2 1	3 1				
48	<u>Ertrag</u>								
49	Korn	+ 1 2 3 4 5	1 2 4 3 5	3 2 4 1	1 3				
50	Stroh	4 1 3 2 5	1 4 2 5 3	+ 1 2 3 4	1 3				
51	Gesamt	1 2 4 3 5	1 4 2 5 3	+ 1 2 3 4	1 3				

1 = Kontrolle

1 = N₀

2 = Gründüngung

2 = N₂₀

3 = 50 dz/ha Stroh

3 = N₄₀₍₇₅₎

4 = 50 dz/ha Stroh + Gründüngung

4 = N₆₀

5 = 100 dz/ha Stroh

+ = Zunahme mit der zugeführten Düngung in beiden Jahren

- = Abnahme mit der zugeführten Düngung in beiden Jahren

Die durchschnittliche Extrahierbarkeit ist relativ niedrig, und zwar im Pyrophosphat-Natronlaugextrakt etwa 35 %, in der Huminsäurefraktion etwa 16 % und im Natronlaugextrakt etwa 24 % des gesamten Kohlenstoffs, nimmt jedoch mit steigender organischer Düngung zu. Die Untersuchungen von THIELE et al. (1953) zeigen, daß ein verstärkter Abbau der Humusstoffe im Boden dann erfolgen kann, wenn gleichzeitig leicht verwertbarer Kohlenstoff und Stickstoff angeboten werden (Priming Effect: SAUERBECK 1966, JENKINSON, 1966). Entsprechend diesem Befund könnte die steigende Extrahierbarkeit aller Fraktionen mit zunehmender organischer Düngung auf die Zunahme der mikrobiologischen Potenz des Bodens zurückgeführt werden. Dadurch werden auch die nicht extrahierbaren Huminstoffe stärker angegriffen, was eine Zunahme der Extrahierbarkeit bedingt.

Die spezifische Extinktion der drei Fraktionen nimmt mit der Zunahme der organischen Düngung ab. Das steht in Übereinstimmung mit der Zunahme des Kohlenstoffgehaltes in diesen Fraktionen, da das hinzukommende organische Material eine relativ kleine spezifische Extinktion hat. Dem entspricht auch die Zunahme der Extinktionsquotienten mit ansteigender organischer Düngung. Da die Steigung bei den organischen Düngevarianten, insbesondere Strohvarianten im Bereich von 400 - 500 nm stärker zunimmt als die Steigung im Bereich von 600 - 700 nm, kann man entsprechend von Untersuchungen von SALFELD (1971) diese Stoffe als "Lignohumate" bezeichnen, wie sie bei der Strohhrotte auftreten. Die Varianten ohne Strohdüngung (Kontrolle und Gründüngung) zeigen untereinander etwa die gleichen Extinktionsquotienten.

Daraus kann man den Schluß ziehen, daß die Menge des organischen Materials einen direkten Einfluß auf die Qualität und Zusammensetzung der verschiedenen Huminstoffsysteme im Boden hat. Wie schon erwähnt, kommt es mit der Zunahme der organischen Düngung zu einem allgemeinen Anstieg des Humuspiegels. Es ist aber wichtig zu sagen, daß die Eigenschaften der neu gebildeten Stoffe nicht denen der schon im Boden vorhandenen entsprechen.

Im untersuchten Boden sind durchschnittlich 78 % des gesamten Stickstoffs mit 6 n HCl hydrolysierbar, wovon etwa 24 % in Form von "Amid"-Stickstoff, etwa 7 % in Form von Hexosamin-Stickstoff, 18 % in Form von α -Amino-Stickstoff und schließlich etwa 29 % in anderen Formen vorliegt. Der hydrolysierbare Stickstoff und dessen Bestandteile nehmen im allgemeinen mit steigender organischer Düngung zu.

Im Jahre 1972 zeigen sich einige Ausnahmen von dieser Reihenfolge. Es ist jedoch zu erkennen, daß die höchste Strohvariante fast überall die höchsten Werte aufweist. Das dürfte auf der höheren Ausgleichsdüngung beruhen. Die Hydrolysierbarkeit zeigt in den beiden Jahren keine Abhängigkeit von der Menge an organischer Düngung. Der "Amid"-Stickstoff bezogen auf den gesamten Stickstoff oder auf den hydrolysierbaren Stickstoff nimmt im Jahre 1971 mit zunehmender Menge an organischer Düngung ab. Das Verhältnis des hydrolysierbaren Stickstoffs bzw. dessen Fraktionen zum Gesamtstickstoff zeigt in den beiden Untersuchungsjahren recht unterschiedliche Werte, die bei der Gesamthydrolysierbarkeit bis zu 5 % des Gesamtstickstoffs betragen kann. Daraus kann man erkennen, daß das Klima als ein wesentlicher Faktor hierbei fungiert. Obwohl die Reihenfolge beim Gesamtstickstoff und bei dem hydrolysierbaren Stickstoff 1971 die gleiche ist, nimmt der durch Hydrolyse abspaltbare Stickstoff bezogen auf den Gesamtstickstoff ab. Die Untersuchungen von LAATSCH (1948), SCHEFFER et al. (1949), SPRINGER et al. (1952, 1952 a), FLAIG (1952) zeigen, daß bei Autolyse von Mikroorganismen neben einer Freisetzung des Stickstoffs in Form von Ammoniak Huminsäurebildung stattfindet. Die Abhängigkeit des hydrolysierbaren Stickstoffs von der organischen Düngung läßt sich im Zusammenhang mit den zitierten Untersuchungen folgendermaßen interpretieren: Bei der Variante mit höheren organischen Düngergaben und entsprechend höherem Stickstoffgehalt liegt eine zum Gesamtstickstoff relativ größere Menge an Stickstoff in der Huminsäurefraktion bzw. in nicht hydrolysierbarer Form vor. Dieser Befund dürfte im wesentlichen auf einen höheren Organismenbestand, insbesondere bei den 100 dz/ha Strohvarianten, die die höchste Stickstoffausgleichsdüngung bekommen, zurückzuführen sein. Danach kann man feststellen, daß bei Zufuhr größerer Mengen organischen Materials und Stickstoffs auch in Form der Stickstoffausgleichsdüngung, die eine Stickstoffsperre verhindern soll, eine Erhöhung der Huminsäurefraktion bewirkt wird.

Tab. 54: Menge der verschiedenen N-Faktionen in Prozent des Gesamtstickstoff
für die verschiedenen Düngevarianten

	1971	Kontrolle	Gründüngung	50 dz Stroh	50 dz Stroh + Gründüng.	100 dz Stroh	N _O	N ₄₀₍₇₅₎
hydrolysierbaren-N		77,3	76,2	76,5	75,9	75,3	76,9	79,0
"Amid"-N		23,9	23,1	23,5	22,6	22,3	23,4	25,0
Hexosamin-N		5,8	5,6	6,2	6,0	6,1	6,0	6,0
α-Amino-N		17,0	17,1	17,0	18,2	18,0	17,1	18,5
nicht bestimmte-N in Hydrolysat		30,6	30,4	29,8	29,1	28,9	30,4	29,5
nicht hydrolysierbaren-N		22,7	23,8	23,5	24,1	24,7	23,1	21,0
Pyrophosphat-Natronlaug- Extrakt-N		39,3	39,9	41,0	41,7	40,8	40,7	40,7
Huminsäurefraktion-N		13,5	13,4	14,7	15,0	14,8	13,7	14,4
Fulvosäurefraktion-N		25,8	26,5	26,3	26,7	26,0	27,0	26,3
	1972						N _O	N ₇₅
hydrolysierbaren-N		78,9	80,1	77,3	80,5	79,5	77,2	79,4
"Amid"-N		23,3	25,6	24,9	24,8	24,1	23,2	24,8
Hexosamin-N		6,9	5,9	5,9	6,1	6,4	6,3	6,1
α-Amino-N		17,1	17,8	18,1	18,4	18,2	17,6	17,8
nicht bestimmte-N in Hydrolysat		29,6	30,8	28,4	31,2	30,8	30,1	30,7
nicht hydrolysierbaren-N		21,1	19,9	22,7	19,5	20,5	22,8	20,6
Pyrophosphat-Natronlaug- Extrakt-N		42,9	42,7	42,2	43,6	42,9	42,9	42,8
Huminsäurefraktion-N		13,4	13,9	14,2	15,2	15,5	14,0	14,7
Fulvosäurefraktion-N		29,5	28,8	28,0	28,4	27,4	28,9	28,1

Der Hexosamingehalt der Varianten wird kaum durch die organische Düngung beeinflusst. Im Jahre 1971 haben Kontrollen und Gründüngungsvarianten den gleichen mittleren Gehalt (0.058 mg N/g Boden). Bei den anderen Varianten ist der Wert etwas höher, aber von gleicher Größenordnung (0.065 - 0.067 mg N/g Boden). Im Jahre 1972 ist der Trend völlig anders. Danach dürfte man annehmen, daß die langjährigen Düngungsmaßnahmen keinen reproduzierbaren Einfluß auf den Gehalt an Hexosaminstickstoff hat. Das kann auf die rasche Zersetzbarkeit der Hexosamine, aber auch auf die geringere Abhängigkeit der Chitin liefernden Organismen von den verschiedenen Düngungsmaßnahmen zurückgeführt werden. Hierbei scheint das Klima der dominierende Faktor zu sein.

Der α -Amino-Stickstoff zeigt sowohl bei den organischen Düngungsvarianten als auch bei Stickstoffvarianten eine Abhängigkeit von der Menge an zugeführtem Dünger. Die 100 dz/ha Strohhvariante mit der höchsten Stickstoffausgleichsdüngung hat dementsprechend die höchste Menge an α -Amino-Stickstoff.

Der Gehalt an Kohlenhydraten zeigt eine Zunahme in Abhängigkeit von der Menge an zugeführter organischer Düngung. Das stimmt mit den Ergebnissen von ZADRAZIL (1971) überein. Da diese Stoffgruppe relativ leicht umgesetzt wird, dürfte keine Anreicherung durch die langjährige organische Düngung zustande kommen, sondern der Gehalt ist abhängig von der Menge des zur Umsetzung anfallenden Materials.

Abgesehen von der höchsten Stickstoffstufe N_{60} zeigt der Stickstoff einen positiven Einfluß auf die Menge an Kohlenhydraten, der bedingt ist durch die Erhöhung der organischen Masse im Boden. Die Verminderung bei N_{60} kann damit gedeutet werden, daß durch höhere Mikroorganismenaktivität bei der höchsten Stickstoffstufe, wie aus der Dehydrogenaseaktivität hervorgeht, die Abbaugeschwindigkeit relativ höher wird.

Die Dehydrogenaseaktivität weist entsprechend den Untersuchungen von ALAA-EL-DIN (1970) u. a. eine Erhöhung mit der Menge an Strohdüngung auf. Ein Vergleich der Dehydrogenaseaktivität mit der CO_2 -Produktion in Abhängigkeit von der organischen Düngung zeigt, daß die Dehydrogenaseaktivität die höchsten Werte bei der Stroh-Gründüngungsvariante, die der CO_2 -Pro-

duktion jedoch die höchsten Werte bei der 100 dz Strohvariante hat. Aufgrund der Untersuchungen von NOVAK (1964), der einen Enzymgehalt in den Wurzelausscheidungen der Pflanze nicht ausschließt, könnte man auch zu dem Schluß kommen, daß die höhere Dehydrogenaseaktivität teilweise auf die aus den Ölrettichwurzeln ausgeschiedenen Enzyme zurückzuführen ist. Die höchste Mikroorganismenaktivität sollte danach entsprechend den Ergebnissen der CO_2 -Messungen bei der höchsten organischen Düngungsvariante liegen.

Die Krümestabilität zeigt in Abhängigkeit von der organischen Düngung einen unterschiedlichen Trend in den beiden Untersuchungsjahren. Im Jahre 1971 bestehen deutliche Unterschiede zwischen der Kontroll-, der Gründüngungs- und der 50 dz Strohvariante. Die Krümestabilität der 50 dz und der 100 dz Strohvariante liegt etwa in gleicher Höhe, während sie bei der Stroh-Gründüngungsvariante deutlich größer ist. Im Gegensatz dazu sind im Jahre 1972 die Werte aller Varianten mit Ausnahme der Stroh-Gründüngungsvariante etwa gleich und wesentlich höher als die Werte im Jahre 1971. Dies dürfte hauptsächlich, wie die CO_2 -Messungen zeigen, auf die höhere Aktivität der Mikroorganismen zurückzuführen sein.

In Übereinstimmung mit den Untersuchungen von ZADRAZIL (1971) zeigt sich bei den vorliegenden Untersuchungen eine negative Korrelation zwischen Krümestabilität und Stickstoffdüngung bei allen organischen Düngungsvarianten. Dieser Effekt ist über die ganze Vegetationsperiode reproduzierbar (Tab. 49).

Organische Düngung, Stickstoffdüngung und Ertrag

Die vorliegenden Untersuchungen sollten dazu dienen, die biochemischen Prozesse organisch gedüngter Böden und ihren Einfluß auf die Ertragsbildung näher zu charakterisieren. Diese Vorgänge unterliegen einer Zeitfunktion. Das heißt, die untersuchten Größen der Jahre 1971 und 1972 sind mehr oder weniger Momentanwerte und dementsprechend veränderlich. Bereits in den Voruntersuchungen nahm ZADRAZIL (1971) eine Gegenüberstellung der Ertragsergebnisse des vorliegenden Versuches zu Beginn

der Versuchsreihe mit den Erträgen nach siebenjähriger Durchführung vor. Dabei konnte an Hand von Ertragskurven, das heißt Ertrag als Funktion steigender Stickstoffgaben zur Hauptkultur, sehr gut demonstriert werden, daß die Wirkung organischer Dünger bei kurzfristiger Anwendung anders zu beurteilen ist als bei mehrjähriger kontinuierlicher Zufuhr. Diese Aussage trifft für rasch abbaubare Stoffe, wie sie die Stroh- und Gründüngung darstellen, in weit stärkerem Maße zu als z.B. für Stallmist, dessen kurzfristige Wirkung zusätzlich von seinem höheren Nährstoffgehalt wesentlich mitbestimmt wird. So entsprachen zu Versuchsbeginn die Erträge direkt den Umsetzungsprozessen während der Vegetation. Die durch den Strohabbau zunächst bedingten Fixierungsprozesse führten trotz N-Ausgleich bei niedriger Stickstoffdüngung gegenüber organisch ungedüngt zu teilweise Mindererträgen und erst in einem Stickstoffdüngungsbereich, der für die Kontrollvariante (ohne organische Düngung) durch ein Überangebot depressiv wirkte, vermochte die Strohdüngung den Höchstertrag des Gesamtversuches zu bilden. Andererseits waren bei Gründüngung durch raschen Abbau und schnellere Nährstoffverfügbarkeit die Mehrerträge in allen Stickstoffstufen gesichert nachweisbar. Ähnlich verhielt sich die Kombination Stroh- Gründüngung. Nach weiteren vier Jahren einer kontinuierlichen Stroh - Gründüngung trat eine charakteristische Linksverschiebung des Maximums in den Ertragskurven ein. Sie ist kennzeichnend für die "langfristige Wirkung" derartiger Düngungsmaßnahmen und damit das zweite wesentliche Wirkungsmerkmal organischer Substanzen im Boden. Wenn die vorliegende Untersuchungsmethodik Differenzen zwischen der einen und anderen organischen Düngung aufzeigt, dann beziehen sie sich vorwiegend auf die letztgenannten Eigenschaften.

Die Schwierigkeit bei der Interpretation der Erträge besteht darin, daß man zwischen beiden Wirkungen im einzelnen nicht unterscheiden kann. Dazu kommt bei dem vorliegenden Feldexperiment der Umstand, daß er als mehrfaktorieller Versuch mit steigenden Stickstoffgaben arbeitet, die vielfach die vorgenannten Wirkungen überdecken oder als Komplexwirkung zusammen mit der organischen Düngung zum Tragen kommen.

Die vorgenannten Schwierigkeiten ergeben sich insbesondere für das Jahr 1971. Auf Grund der höheren Umsetzungsintensität, die im Vergleich zu 1972 sowohl über die CO_2 -Produktion als auch über die Dehydrogenaseaktivität nachgewiesen werden konnte, wird bereits in der Kontrollvariante

(ohne organische Düngung) mit knapp 40 dz/ha Korn durch Sommergerste in N_0 ein Ertrag erzielt, der durch weitere Stickstoffaufwendungen nicht mehr erhöht werden konnte (Tab. 49). Lediglich beim Stroh ist noch ein gesicherter Ertragszuwachs zu verzeichnen. Bereits in N_0 sind bei einem Gesamtertrag von 71,4 dz 79,6 kg/ha N dem Boden entzogen worden. Dieser Betrag gibt eine Vorstellung von der Umsatzintensität und Mineralisierungsrate des Jahres 1971. Der Stickstoffentzug ist im Vergleich zum Jahre 1972, in dem durch Weizen nur 53 kg/ha N entzogen wurden, um 50 % höher.

Unter diesen Verhältnissen muß die Wirkung der organischen Düngervarianten 1971 betrachtet werden. Wohl werden sie der in allen Untersuchungsergebnissen gefundenen Rangordnung:

Kontrolle < Gründüngung < 50 dz/ha Stroh
 < 50 dz/ha Stroh + Gründüngung < 100 dz/ha Stroh

ertraglich in N_0 gerechnet, ohne daß sie jedoch in der Lage sind, ihr in N_0 bestimmtes Ertragsoptimum zu überschreiten.

Von wenigen Ausnahmefällen abgesehen, trifft dieser Sachverhalt auch für die Stroherträge zu.

Wie durch die Stickstoffanlieferung in N_0 bereits angedeutet wurde, waren 1972 die Umsetzungsprozesse im Boden auf Grund niedriger Bodentemperatur - 1971 April bis Oktober = $11,8^{\circ}\text{C}$, 1972 = $10,7^{\circ}\text{C}$ - geringer. Die gesteigerten Stickstoffgaben konnten sich demnach in beiden Erntefractionen des Weizens gesichert ertragssteigernd auswirken. Umso höher ist demzufolge die Wirkung der organischen Düngungsmaßnahmen zu bewerten, die in $N = 50\text{ kg/ha}$ den Höchstertrag ergibt (Tab.50). Die bekannte Reihenfolge der Wirkungsintensität wird nur insofern unterbrochen, als die Varianten Gründüngung und Stroh- Gründüngung in ihrer Wirkung auf den Ertrag gleich zu bewerten sind. Beim Strohertrag bleibt die Steigerung bis zur höchsten N-Stufe erhalten.

Unter Hinweis auf die bereits einleitend gemachte Bemerkung ist es demnach nicht möglich, im Einzelfall die untersuchten Parameter (chemisch, physikalisch und biologisch) in ihrem direkten Einfluß auf die Ertragsbildung zu beurteilen. Sie alle sind mehr oder weniger Ausdruck der dynamischen Umsetzungsprozesse im Boden, die in ihrer Gesamtheit über die Dynamik des Nährstoffkreislaufes direkt oder indirekt Einfluß auf die Ertragsbildung nehmen. Für einen erfolgreichen Ackerbau sind sie unter besonderer Berücksichtigung des derzeitigen Anbauverhältnisses unbedingte Voraussetzung. Die Sicherung eines hohen Ertragsniveaus hängt zwangsläufig von der Steuerung dieser mikrobiellen Umsetzungsprozesse ab. Zweifellos stellt der Witterungsverlauf während der Vegetation hierbei einen Unsicherheitsfaktor dar, in dem in umsetzungsintensiven Jahren der Nährstoffantrag zur Pflanze so hoch ist, daß es in den Verbindungen mit der mineralischen Düngung sehr leicht zu Depressionen durch Überdüngung führen kann. In Kenntnis des Nährstoffhaushaltes kann hier nur eine gezielte mineralische Düngung Abhilfe schaffen (HANUS 1973, 1974, STURM 1973, 1974, BRAUN 1974).

In Kenntnis dieser Zusammenhänge ist es demnach nicht entscheidend, über organische Düngungsmaßnahmen Humus anzureichern, Ausnahmen wären die Standorte, die bisher organisch unterversorgt waren. Auch zeigen die eigenen Untersuchungen sehr deutlich, daß es selbst bei jährlicher Strohdüngung schwer - wenn nicht gar unmöglich ist - den Humusgehalt eines Bodens über sein standortgebundenes Niveau anzuheben. Diese Aussage wird unterstützt durch die jüngsten Untersuchungsergebnisse von v. BOGUSLAWSKI et al. (1970), DEBRUCK (1973, 1973 a und 1974). Sie stehen im Einklang mit den anderen Untersuchungen zahlreicher Autoren (BOGUSLAWSKI et al. 1960, SAALBACH 1956, SCHMID 1961, SÖCHTIG 1961, FLAIG 1958, FLAIG et al. 1973 u.a.). Sie zeigen, daß die organischen Stoffe einen wichtigen Faktor für die Produktivität des Bodens darstellen. Die kausalen Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften des Humus und ihrer speziellen Wirkung auf den Ertrag sind noch nicht eindeutig erklärt, da die organischen Stoffe im Boden ein Vielstoffsystem darstellen. Durch die vorliegenden Ergebnisse konnte die Vorstellung um diese Zusammenhänge wesentlich erweitert werden.

6. Zusammenfassung

Die Untersuchungen sollen einen Beitrag zur Erfassung der Stoffdynamik im Ackerboden liefern. Sie wurden an einem 10-jährigen Feldversuch mit Getreidebau und verschiedenen Stroh-Gründungsvarianten mit gesteigerter Stickstoffdüngung durchgeführt. Um sowohl den Stoffumsatz im Laufe einer Vegetationsperiode als auch die durch die langfristigen Düngungsmaßnahmen aufgetretenen Änderungen im Huminstoffsystem der Böden verfolgen zu können, erfolgten die Untersuchungen an Bodenproben, die an 8 bzw. 9 Terminen im Verlaufe der Vegetationszeiten 1971 und 1972 entnommen wurden.

Die Versuchsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Der Kohlenstoffgehalt im Boden als Maß für die organische Substanz zeigt im Laufe der Vegetationsperiode ein Maximum im Frühjahr, bedingt durch den Zuwachs an Wurzelmasse, ein Minimum im Sommer, das mit dem Maximum der Mikroorganismenaktivität zusammenfällt, und ein Maximum im Herbst, das auf die Zersetzung der Ernterückstände und des mit der Herbstanlage eingebrachten Strohs bzw. der Gründung zurückzuführen ist.
2. Nach zehnjährigen organischen Düngungsmaßnahmen werden im Kohlenstoffgehalt gesicherte Differenzen zwischen der Kontrolle und den Strohvarianten gefunden.
3. Die Huminsäurefraktion und die Fulvosäurefraktion zeigen im Laufe der Vegetationsperiode einen annähernd gegenläufigen Gang. Die Autolyse der Mikroorganismen bedingt eine Erhöhung der Huminsäurefraktion.
4. Die durchschnittliche Extrahierbarkeit beträgt mit Pyrophosphat-Natronlauge 35 % und mit Natronlauge 24 % des gesamten Kohlenstoffs. Sie nimmt mit steigender organischer Düngung zu. Dies ist auf einen verstärkten Abbau des nicht extrahierbaren Anteils nach Zusatz von mikrobiell leicht verwertbarem organischen Material zurückzuführen (Priming effect).

5. Mit Natronlauge wird bevorzugt die Fulvosäurefraktion extrahiert ($C/N = 7.29$), während der Pyrophosphat-Natronlaugeextrakt ($C/N = 8.34$) größere Mengen an Huminsäurefraktion enthält. Der Verlauf des Kohlenstoffgehaltes der beiden Extrakte ist im Laufe der Vegetationsperiode gegenläufig. Im Sommer wird im Natronlaugeextrakt ein Maximum, im Pyrophosphat-Natronlaugeextrakt dagegen ein Minimum gefunden.
6. Der Gesamtstickstoff des Bodens zeigt im Laufe der Vegetationsperiode geringe Unterschiede, die mit der angewandten Methodik kaum zu erfassen sind. So wird der Verlauf des C/N -Verhältnisses hauptsächlich von dem Verlauf des Gesamtkohlenstoffgehaltes geprägt ($C/N = 9.55$). Die Varianten mit höchsten Strohgaben haben das weiteste C/N -Verhältnis.
7. Der Gehalt an mit 6 n HCl hydrolysiertem Stickstoff weist im Laufe der Vegetationsperiode der beiden Untersuchungsjahre keinen einheitlichen Verlauf auf. Die verschiedenen organischen Düngungsvarianten haben einen unterschiedlichen Einfluß auf den Gehalt an hydrolysierbarem Stickstoff.
8. Die höhere mittlere Temperatur im Jahre 1971 bedingt einen erhöhten Stoffumsatz. Die CO_2 -Produktion ist um 18 % gegenüber 1972 höher. Dadurch wurde einerseits mehr Stickstoff in nicht hydrolysierbarer Form festgelegt, und andererseits mehr Stickstoff nitrifiziert, so daß in diesem Jahr weniger Stickstoff (5 % des Gesamtstickstoffs) im Hydrolysat erschien.
9. Während der in Form von Ammonium bestimmte "Amid"-Stickstoff schon im Frühjahr abnimmt, steigt der α -Aminostickstoff mit Fortschreiten der Vegetationsperiode an.
10. Im Durchschnitt werden 78 % des Gesamtstickstoffs mit 6 n HCl hydrolysiert. Davon liegen etwa 24 % in Form von "Amid"-Stickstoff, etwa 7 % in Form von Hexosamin-Stickstoff, etwa 18 % in Form von α -Aminostickstoff und etwa 29 % in anderer Form gebunden vor.

11. Während der Hexosaminstickstoff kaum durch die organische Düngung beeinflusst wird, steigt der α -Aminostickstoff sowohl bei den organischen Düngungsvarianten als auch bei den Stickstoffvarianten in Abhängigkeit von der Menge an zugeführtem Dünger an.
12. An Hand der Extinktionsquotienten können qualitative Veränderungen in den löslichen Anteilen der Huminstoffsysteme verfolgt werden. Während die Kontroll- und Gründüngungsvarianten im Laufe der Vegetationsperiode keine qualitative Veränderung erkennen lassen, ist dies bei den Strohvarianten der Fall, was auf das Vorhandensein von "Lignohumaten", wie aus Strohrötteversuchen bekannt ist, hinweist.
13. Die spezifische Extinktion aller bestimmten Fraktionen nimmt mit der Höhe der organischen Düngung ab, da die extrahierbaren Anteile des neu zugeführten organischen Materials eine relativ niedrige spezifische Extinktion haben. Dem entspricht auch eine Zunahme der Extinktionsquotienten mit ansteigender organischer Düngung.
14. Der Gehalt an Kohlenhydraten ist abhängig von der Menge des zur Umsetzung anfallenden Materials. Er nimmt mit zunehmender Menge an zugeführtem organischen Material zu.
15. Die Dehydrogenaseaktivität und die CO_2 -Produktion wiesen im allgemeinen je ein Minimum im Frühjahr und im Herbst und ein Maximum im Sommer auf. Die CO_2 -Produktion wird stark von Temperaturschwankungen beeinflusst.
16. Bei der Messung der Dehydrogenaseaktivität werden die höchsten Werte bei der Stroh-Gründüngungsvarianten, jedoch bei der CO_2 -Produktion bei der 100 dz-Strohvarianten gefunden. Dieser Effekt kann durch die aus dem Ölrettich ausgeschiedenen Enzyme bedingt sein (Rhizosphärenereffekt).

17. Die Untersuchungsergebnisse des Jahres 1972 zeigen eine bessere Reproduzierbarkeit, was hauptsächlich auf die Automatisierung und eine bessere individuelle Handhabung der Methodik zurückzuführen ist. In beiden Untersuchungsjahren zeigen die Gesamtkohlenstoffbestimmungen, die Stickstofffraktionierung und die Dehydrogenaseaktivität eine bessere Reproduzierbarkeit als die anderen Messungen.
18. Die Krümelstabilität erreicht ein Maximum im Sommer. Die größere Stoffumsatzrate im Jahre 1971 wirkt auf die Krümelstabilität negativ. Die höchsten Werte werden bei Stroh-Gründungsvarianten beobachtet. Es besteht eine negative Korrelation zwischen der Menge an gedüngtem Stickstoff und der Krümelstabilität.
19. Die Temperaturschwankungen um wenige Grad Celsius verursachen eine beträchtliche Veränderung in der Mikroorganismen-tätigkeit bzw. in der CO_2 -Produktion. Dadurch kommt es zu erheblichen Unterschieden in der Geschwindigkeit des Stoffumsatzes innerhalb einer kurzen Zeitspanne und damit zu einem unterschiedlichen Verlauf der Parameter.
20. Der Vergleich der Erträge mit dem Verlauf der Humusparameter in den beiden Untersuchungsjahren zeigt, in welcher Weise eine Beziehung zwischen der Größe des Stoffumsatzes und dem Ertrag besteht.
21. Die Vorstellungen über die kausalen Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften des Humus und der Produktivität des Bodens konnten wesentlich erweitert werden.

7. Literatur:

- ACHARD, F.: Chemische Untersuchungen des Torfes. - Grell's Chem. Ann. 2, 391, (1786). Zit. FLAIG, (1966)
- ALAA EL-DIN, M.N.: Die Bedeutung der direkten Unterbringung des Stroh in Verbindung mit Kalkstickstoff für die mikrobiologische Aktivität des Bodens. - Diss. Gießen (1970)
- BENDER, H.: Biologie und Biochemie der Mikroorganismen. - Verlag Chemie, 272-275, (1970)
- BERZELIUS, J.: Lehrbuch der Chemie. - 3. Aufl., übersetzt von Wöhler, Dresden u. Leipzig (1939)
- BOGUSLAWSKI, E., v.: Die Ertragsflächenmethode zur gegenseitigen Abstufung von zwei Wachstumsfaktoren in Feldversuchen. - Pflanzenbau 18, 129-149, (1942)
- BOGUSLAWSKI, E., v.: Das Zusammenwirken von Gründüngung und Stickstoffdüngung auf den C- und N- Umsatz im Boden. - Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde 84, 85 - 93, (1959)
- BOGUSLAWSKI, E., v. und E. SAALBACH: Die Wirkung von Thymochinon auf das Wachstum von Sommergerste in Abhängigkeit von der Höhe der Stickstoffdüngung. - Z. Acker- und Pflanzenb. 110, 153-162, (1960)
- BOGUSLAWSKI, E., v.: Die Verwertung der Strohernte als Strohdüngung. - Arbeiten der DLG, 96, DLG-Verlag Frankfurt am Main, (1964)
- BOGUSLAWSKI, E., v. und J. DEBRUCK: Die Verwertung der Strohernten als Strohdüngung. - Ruhr-Stickstoff, Landwirtsch. Schriftreihe Boden und Pflanze 12, 9 - 26, (1965)
- BOGUSLAWSKI, E., v. und J. DEBRUCK: Stroh- und Gründüngung in Getreidebetrieben. - Mitt. DLG 33, 1104-1110, (1970)
- BOGUSLAWSKI, E., v. und J. DEBRUCK: Zwischenfrucht-Gründüngung bei starkem Getreidebau. - Mitteilungen der DLG, 20, 497-500, (1972)
- BRADÉ, K.: Der Einfluß der Strohdüngung auf den Pflanzenertrag unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffdüngung. - Diss. Gießen, (1961)
- BRAMAO, D. und J. RIQUIER: Characteristics of the organic matter in the major soil of the world and its importance to soil fertility. - Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia 32, 45-59, (1968)
- BRAUN, H.: Nitratentwicklung beeinflusst den Kornertrag. - Mitt. DLG 89, 216-220, (1974)
- BREMNER, J.M. und K. SHAW: Denitrification in soil. II. Factors affecting denitrification. - J. agric. Sci. 51, 40, (1958)

- BREMNER, J.M.: Organic Forms of Nitrogen-Methods of soil analysis Part 2. Chemical and microbiological properties. 85, 1238 - 1255 American Soc. of Agronomy, Inc., Publisher (1965)
- BREMNER, J.M.: Total nitrogen. - Black, C.A. Methods of soil analysis Part 2. Chemical and microbiological properties. 83, 1149 - 1178, American Soc. of Agronomy, Inc. Publisher (1965)
- BREMNER, J.M.: Amino sugars in soil. - J. of the science of food and agriculture 9, Nr. 8, 528 - 532, (1958)
- CHAMINADE, M.: Action des constituents de la matière organique des sols sur métabolisme des plants, la croissance et le rendement. - C.R. hebd. Se'anc. Acad. Agric. France 17, 1139 - 1145, (1965)
- CZERATZKI, W.: Zur Problematik der Krümelstabilitätsmessungen. - Tagungsbericht Nr. 13, Dt. Akad. Landwirtsch. Wiss., Berlin 13, 85 - 97, (1958)
- CZERNEY, P.: Bodenkundlich-chemische Eigenschaften verschiedener Waldhumusformen unter besonderer Berücksichtigung des Fichtenhumus. - Diss., Universität Dresden, (1966)
- DEBRUCK, J.: Untersuchungen über die Wirkung von Stroh-Gründüngung und Stickstoffdüngung auf Fußkrankheiten und Ertragsbildung bei Getreide. - Diss. Gießen, (1964)
- DEBRUCK, J.: Untersuchungen über die Wirkung von Strohdüngung, Gründüngung und Stickstoffdüngung auf Fußkrankheiten und Ertragsbildung bei Getreide. - Z. Acker- und Pflanzenbau 123, 75 - 105, (1965)
- DEBRUCK, J. und W. RANGE: Extreme Getreidefruchtfolge mit jährlicher Stroh- und Gründüngung. - Z. Acker- und Pflanzenbau 129, 29 - 61, (1969)
- DEBRUCK, J.: Experimentelle Ergebnisse zur Gestaltung getreidereicher Fruchtfolgen. - Z. Acker- u. Pflanzenbau 131, 181 - 200, (1970)
- DEBRUCK, J.: Langjährige Feldversuche über die organische Düngung in getreidereichen Fruchtfolgen. - Z. Landw. Forschung 25/II., 9 - 25, (1970 a)
- DEBRUCK, J.: Humusbilanz und intensiver Getreidebau. - Deutsch. Landw. Presse 96, 6, (1973)
- DEBRUCK, J.: Bodenbearbeitung und organische Düngung. - Mitt. DLG 89, 9-10, (1973a)
- DEBRUCK, J.: Die Veränderung von Faktoren der Bodenfruchtbarkeit durch langjährige Stroh-Gründüngung. - Landw. Forsch. (im Druck), (1974)

- DE LEEENHEER, L. und J.v.HOVE und M.v.RUYMBEKE: Determination quantitative de la matière organique du sol. - *Pedologie* 7, 324 - 347, (1957)
- DOERFFEL, K.: Beurteilung von Analysenverfahren und -ergebnissen. - 1. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, J.F. Bergmann, München, (1965)
- FIEDLER, H.J. und HOFFMANN, F.: Humusuntersuchungen an einer Kalkungsversuchsfläche des Tharandter Waldes. - *Arch. Forstwes.* 10, 752 - 763, (1961)
- FLAIG, W.: Zur Kenntnis der Huminsäuren. I. Zur chemischen Konstitution der Huminsäuren. - *Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde* 51, 193 - 212, (1950)
- FLAIG, W.: Biochemische Beiträge zur Bildung von Huminsäuren durch Streptomyoceten. - *Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde* 56, (101), 63 - 67, (1952)
- FLAIG, W. und T. BREYHAN: Über das Vorkommen von Indolverbindungen in Schwarzerde-Huminsäuren. - *Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde* 75, 132 - 135, (1956)
- FLAIG, W. und H. MAEDER: Über die Wirkung von stickstoffhaltigen Verbindungen in Strohrotteprodukten. - *Agrochimica* 4, 729 - 738, (1962)
- FLAIG, W. und H. SÖCHTIG: Einfluß organischer Stoffe auf die Aufnahme anorganischer Ionen. - *Agrochimica* 6, 251 - 264, (1962)
- FLAIG, W.: Humusstoffe. - *Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung*, Springer-Verlag, Wien, New York, 382 - 358, (1966)
- FLAIG, W.: Einwirkung von Ligninabbauprodukten auf das Pflanzenwachstum. - *Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles* 14, 121 - 140, (1967)
- FLAIG, W.: Einwirkung von organischen Bodenbestandteilen auf das Pflanzenwachstum. - *Landwirtsch. Forsch.* 21, 103 - 127, (1968)
- FLAIG, W.: Neuere Ergebnisse über Bindung und Chemie von Huminstoffen. - Beiträge der Biochemie des Bodens zur Stabilisierung des Ertragsniveaus, Braunschweig, 35 - 70, (1972)
- FLAIG, W.: Bedeutung moderner Richtung der Humusforschung für die landwirtschaftliche Produktion. - Beiträge der Biochemie des Bodens zur Stabilisierung des Ertragsniveaus, 3 - 35, Braunschweig, Okt. (1972a)
- FLAIG, W. und H. SÖCHTIG: Wirkung organischer Bodensubstanz und Ertragsicherung. - *Landbauforschung* 23, 1, 19 - 28, (1973)
- FORSYTH, W.G.C.: Studies on the more soluble complexes of soil organic matter. - I. Method of fraction. *Biochem. J.* 41, 176-181, (1947)

- FRÖMEL, W.: Über Absorptionsspektren von Huminsäuren in Lösungen. - Z. Bodenkunde, Pflanzenern. 6, (51), 93 - 119, (1938)
- FRÖMEL, W.: Über Humus und Huminsäuren. Ein methodischer Vergleich aufgrund von Untersuchungen über die Adsorption und von Messungen der Lichtadsorption. - Landw. Jahrbücher 92, 94 - 154, (1942)
- GRABBE, K. und H. HAIDER: Die Huminstoffbildung und die Stickstoffverteilung bei der Strohhütte in Beziehung zur mikrobiellen Phenolbildung. - Z. Pflanzenern., Bodenkunde 129, 202-216, (1971)
- GRABBE, K. und H. HAIDER: Die Huminstoffbildung und der Stickstoffumsatz bei der Breitung des Kultursubstrats und während des Wachstums von *Agaricus bisporus*. - Z. Pflanzenern., Bodenkunde 129, 216 - 226, (1971 a)
- GUMINSKI, S. und Z. GUMINSKA: Neue Untersuchungen über Mechanismus der Humuswirtschaft auf die Pflanze. - (orig. Poln.) Acta Soc. Bot. Polon 22, 45 - 63, (1953)
- HAIDER, K., FREDERICK, L.R. und W. FLAIG: Reaction between amino acid compounds and phenols during oxidation. - Plant and Soil XXII, 49 - 64, (1965)
- HANUS, H.: Witterung-Düngung-Ertrag. - Mitt. DLG 88, 1410 - 1414, (1973)
- HANUS, H.: Information zur N-Düngung. - Mitt. DLG 89, 274, (1974)
- HOCK, A.: Beziehungen zwischen Konzentration und Farbwerten von Huminsäurelösungen. - Bodenkunde und Pflanzenern. 7, (52), 99 - 117, (1938)
- HOFFMANN, F.: Einfluß von Vegetation und Boden auf Humusmenge und -qualität im Mecklenburgischen Küstenklima. - Diss. Universität Rostock, (1958)
- HOPPE-SEYLER, F.: Über Huminsubstanzen, ihre Entstehung und ihre Eigenschaften. - Z. Physiol. Chem. 13, 66 - 121, (1889)
- JENNY, H., SALEM, A.E. und J.R. WALLIS: Interplay of soil organic matter, soil fertility with state factors and soil properties. - Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia 32, 5 - 37, (1968)
- JENKINSON, D.S.: The priming action. - The use of isotopes in soil organic matter studies, FAO/IAEA Technical Meeting, Braunschweig-Völkenrode, 9-14 September 1963. Symp. Publ. Div. Pergamon Press, 199-209, (1966)
- KLAPP, E.: Lehrbuch des Acker- und Pflanzenbaues. - Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, (1967)

- KOEPP, H.: Laufende Messungen der Bodenatmung im Freiland. - Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde 4, 186 - 194, (1952)
- KOMOW, I.: Über Ackerbau. - Moskau, (1789). Zit. KONONOWA (1958)
- KONONOWA, M.M.: Die Humusstoffe des Bodens, Ergebnisse und Probleme der Humusforschung. - Verl. deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, (1958)
- KONONOWA, M.M. und N.P. BELTSCHIKOWA: Methoden zur raschen Bestimmung der Zusammensetzung des Humus in den Mineralböden. - aus: Pochvovedenie 10, 75 - 87, (1961)
- KONONOWA, M.M.: Organische Stoffe des Bodens. - Moskau, 234 - 235, (1963)
- KONONOWA, M.M. und N.P. BELTSCHIKOWA: Soil Organic matter. - 2. Englische Ausgabe, Pergamon Press, 393 - 398, (1966)
- KOSTYTSCHEW, P.A.: Bildung und Eigenschaften der Humusstoffe. - Arbeiten der St. Petersburger Naturw. Ges. 20, (1889). Zit. KONONOWA (1958)
- KUBIENA, L.: Entwicklungslehre des Bodens. - Springer Verlag, Wien, (1948)
- KULLMANN, A.: Zur Problematik der Krümelstabilitätsmessungen und zur Methodik des Durchflußverfahrens. - Tagungsbericht Nr. 13, Probleme der Krümelstabilitätsmessung und der Krümelbildung, Vorträge und Diskussionsbeiträge am 10. und 11. Oktober 1957, Berlin
- KUMADA, K.: Absorption spectra of Humic acids. - Soil & Plant Food 1, 29 - 30, (1955)
- LAATSCH, W.: Untersuchungen über die Bildung und Anreicherung von Huminstoffen. - Wolfratshausen Neureiter (1948)
- LEHNHARD, G.: Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens als Maß für Mikroorganismen-tätigkeit im Boden. - Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde 73, 1 - 11, (1956)
- LEHNHARD, G.: Die Dehydrogenaseaktivität des Bodens als Maß für die Menge an mikrobiell abbaubaren Humusstoffen. - Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde 77, 193 - 198, (1957)
- LEHNHARD, G.: Bestimmung der verfügbaren Pflanzennährstoffe durch Ermittlung der Dehydrogenaseaktivität des Bodens. - Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde 99, 182 - 190, (1962)
- LIEBEROTH, I.: Bodenkunde, Bodenfruchtbarkeit. - VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 79 - 80, (1968)
- LIEBIG, J., v.: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. Vieweg-Verlag, Braunschweig, (1840)

- LINDER, A.: Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. - Birkhäuser-Verlag, Basel und Stuttgart, 106 - 112, (1964)
- LUNDEGARDH, H.: Klima und Boden. - 4. Auflage, Gustav Fischer-Verlag, Jena (1954)
- MAEDER, H.: Chemische und pflanzenphysiologische Untersuchungen mit Rottestroh. - Diss. Gießen, (1960)
- METZ, H.: Mikroorganismenmasse für Forschungszwecke. - Kontakte (Merck), 2, 22 - 27, (1973)
- MITTSCHERLICH, E.A.: Bodenkunde für Landwirte, Forstwirte und Gärtner. - Verlag Paul Parey, Berlin u. Hamburg, 119 - 121, (1950)
- MOKRASCH, L.C.: Analysis of hexose phosphates and sugar mixtures with the anthrone reagent. - J. biol. Chemistry 208, 55 - 59, (1954)
- NOWAK, W.: Vergleichsstudien zwischen dem Mikroorganismengehalt des Bodens und Saccharaseaktivität. - Plant and Soil 20, 302 - 318, (1964)
- ODEN, S.: Die Huminsäuren, chemische, physikalische und biologische Forschungen. - Kolloidchem. Beihefte 11, 75 - 260, (1919)
- ODEN, S.: Die Huminsäure. - Dresden und Leipzig, 96 - 109, (1922)
- RAMMAMOORTHY, B. und R.K. AGGARWAL: Forms of soil nitrogen contributing most to rice and wheat nutrition under field conditions.- Reprinted from symposium on soil productivity held at Varanasi and Calcutta, 389 - 396, (1972)
- RANGE, W.: Ertragsbildung, Fußkrankheitsbefall und C/N-Umsatz im Boden in Abhängigkeit von Strohdüngung und Gründüngung in getreidereicher Fruchtfolge. - Diss. Gießen, (1966)
- RIEHM, H. und B. ULRICH: Quantitative kolorimetrische Bestimmung der organischen Substanz im Boden. - Landw. Forsch. 6, 173 - 176, (1954)
- RUSSEL, S.E.J.: Soil conditions and plant growth. - Longmans, Green and Co., London, New York, Toronto, (1952)
- SAALBACH, E.: Einfluß von Humusstoffen auf den Stoffwechsel der Pflanze. - VIe. Congrès International de la Science du Sol. Paris 4, 107 - 111, (1956)
- SAGAVE, B.: Grundzüge der Abschätzungslehre. - P. Parey, Berlin, 125 - 131, (1934)
- SALFELD, J.C.: Die Charakterisierung von Huminstoffen durch Differenzspektrogramme. - Mitteilung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 4, 289 - 290, (1965)

- SALFELD, J.C.: Untersuchungen zur Klassifizierung der organischen Bodensubstanz. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 8, 133 - 135, (1968)
- SALFELD, J.C. und H. SÖCHTIG: Ergänzung zum Exkursionsführer der Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Hannover (1969)
- SALFELD, J.C.: Optical measurements on humic systems. - Studies about Humus. Transaction Internat. Symp. "Humus et Planta V" Prague, 257 - 266, (1971)
- SALFELD, J.C.: Methodik zur Charakterisierung von Huminstoffsystemen. Deutsch-französisches Kolloquium zum Thema "Problematik ferrallitischer und hydromorpher Böden" vom 5.6. - 8.6. 1973 in der Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig-Völkenrode, (1973)
- SAUERBECK, D.: A critical evaluation of incubation experiments on the priming effect of green manure. - The use of isotopes in soil organic matter studies, FAO/IAEA Technical Meeting, Braunschweig-Völkenrode, 9 - 14 September 1963 Symp. Publ. Div. Pergamon Press, 209 - 221, (1966)
- SAUERLANDT, W. und E. GROETZNER: Untersuchungen über organisch gebundenen Kohlenstoff in landwirtschaftlich genutzten Böden. - Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde 62, (107), 214 - 229, (1953)
- SAUERLANDT, W. und E. GROETZNER: Untersuchungen über organisch gebundenen Kohlenstoff in landwirtschaftlich genutzten Böden. - Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde 69 (114), 181 - 189, (1955)
- SAUERLANDT, W., M. MARZUSCH-TRAPPMANN und C. TIETJEN: Der Einfluß der Häufigkeit der organischen Düngung auf den Gehalt des Bodens an organisch gebundenem Kohlenstoff unter besonderer Berücksichtigung der Keimdichte und deren Enchytraeiden. - Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde 92, 134 - 147, (1961)
- SAUERLANDT, W. und C. TIETJEN: Der organisch gebundene Kohlenstoff und seine Phasen während des Jahresablaufes im Ackerboden. Z. Acker- und Pflanzenbau 134, 313 - 322, (1971)
- SCHEFFER, F., PLOTHO, O.v., und E. WELTE: Untersuchungen über die Bildung von Huminstoffen durch Actinomyceten. - Landwirtsch. Forsch. 1, 81 - 92, (1949)
- SCHEFFER, F.: Der organisch gebundene Stickstoff des Bodens, seine Verwertbarkeit (auch Harnstoff). - Handbuch der Pflanzenphysiologie 8, 179 - 200, (1958)
- SCHEFFER, F. und B. ULRICH: Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde, Band III, Humus und Humusdüngung. - Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, (1960)

- SCHMID, G.: Wirkstoffwirkung. Einfluß von Strohhrotteprodukten auf Wachstum und Ertrag. - Landbauforschung 11, 1, 16 - 18, (1961)
- SCHMID, G.: Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Strukturverhältnisse der Lößböden verschiedener Typen und Reaktionen in Südbayern. - Bayer. Landwirtsch. Jb. 36, 634 - 639, (1959)
- SCHOBINGER, U.: Chemische Untersuchungen über die Umwandlung von Weizen-Lignin im Laufe der Verrottung. - Diss. Zürich, (1958)
- SCHREINER, O. und E. SHOREY: Chemical nature of soil organic matter. - U.S. Dept. Agric. Bureau of soils Bull. 74, 5 - 48, (1910)
- SÖCHTIG, H.: Inwieweit können Strohhrotteprodukte das Pflanzenwachstum beeinflussen? Über die Veränderungen von Ligninabbauprodukten. - Landbauforschung 11, 16 - 18, (1961)
- SÖCHTIG, H.: Beeinflussung des Stoffwechsels der Pflanze durch Humus und seine Bestandteile und die Auswirkung auf Wachstum und Ertrag. - Landbauforsch., Völkenrode 14, 9 - 16, (1964)
- SÖCHTIG, H. und J.C. SALFELD: Characterization of humic systems in a black earth-griserde-morphosequence in the area of Hildesheim. - Studies about Humus. Transaction Internat. Symp. "Humus et Planta V" Prague, 247 - 256, (1971)
- SÖCHTIG, H. und F. MACIAK: Bindung des Stickstoffs und Vorkommen phenolischer Verbindungen im Torf. - Telma 1, 49 - 61, (1971 a)
- SÖCHTIG, H.: Neue Aspekte der Charakterisierung von Huminstoffsystemen. - Beiträge der Biochemie des Bodens zur Stabilisierung des Ertragsniveaus, Braunschweig, 184 - 212, (1972)
- SPRENGEL, C.: Über Pflanzenhumus, Humussäure und humussaure Salze. - Kastners Arch. Ges. Naturlehre 8, 145, (1926). Zit. KONONOWA (1958) und WENDT (1950)
- SPRINGER, U. und A. LEHNER: Stoffabbau und Humusaufbau bei der aeroben und anaeroben Zersetzung landwirtschaftlich wichtiger organischer Stoffe II. - Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde 59 (104), 1 - 27, (1952)
- SPRINGER, U.: Zur Kenntnis einiger bekannter Handelshumusdünger. - Bodenkunde und Pflanzenern. 3, 158 - 188, (1937)
- SPRINGER, U. und A. WAGNER: Zur Kenntnis der von Pilzen gebildeten huminsäureähnlichen Substanzen unter besonderer Berücksichtigung von Stachybotris lobulata. - Z. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz 3 (47), 145 - 172, (1952 a)

- SPRINGER, U.: Die Wirkung einiger organischer Düngung auf den Humuszustand des Bodens. - Mitt. DLG 75, 28, 896 - 899, (1960)
- STURM, H.: Ernte 1972 und Stickstoffdüngung 1973. - Mitt. DLG 88, 118 - 121, (1973)
- STURM, H.: Hilfen zur N-Düngung im Frühjahr. - Mitt. DLG 89, 300 - 303, (1974)
- THAER, A.: Die Grundzüge der rationellen Landwirtschaft. - Reiner-Verlag, Berlin, Bd. 1 - 4, (1821)
- THALMANN, A.: Über die mikrobielle Aktivität und ihre Beziehungen zu Fruchtbarkeitsmerkmalen einiger Ackerböden unter besonderer Berücksichtigung der Dehydrogenaseaktivität (TTC-Reduktion). - Diss. Gießen, (1967)
- THIELE, H. und G. ANDERSEN: Über die mikrobielle Verwertbarkeit von Graphitsäure, Huminsäure und Mellitsäure. - Zbl. Bakter. II 107, 247 - 250, (1953)
- TRUSSOW, A.G.: Über einige biologisch-chemische Prozesse, die bei der Humifizierung von Pflanzenresten ablaufen. - J. f. experim. Agronomie 17, (1916). Zit. KONONOWA (1958)
- VETTER, H.: Menge und Zusammensetzung der Ernterückstände bei den wichtigsten Kulturpflanzen. - Diss. Kiel, (1952)
- WAKSMAN, S.A. u. GERRETSEN, F.C.: Influence of temperature and moisture up on the nature and extent of decomposition of plant residues by microorganisms. Ecology 12, 33 - 38, (1931)
- WAKSMAN, S.A.: Humus. - Williams and Wilkins, Baltimore, (1936)
- WALLERTUS, J.: Agriculturae fundamenta chemica Uppsala (1961). Zit. M.M. KONONOWA: Die Huminstoffe des Bodens, Deutscher Verlag der Wissenschaften, (1958)
- WALLIS, W.A. und H.V. ROBERTS: Methoden der Statistik. Ein neuer Weg zu ihrem Verständnis mit einem Vorwort von Prof. Dr. Rolf Wagenführ, rororo Taschenbuch, Ausgabe, S. 1, (1969)
- WENDT, G.: Carl Sprengel und die von ihm geschaffene Mineraltheorie als Fundament der neuen Pflanzenernährungslehre. - Diss. Göttingen, (1950)
- WINTER, A.G.: Untersuchungen über Vorkommen und Bedeutung von antimikrobiellen und antiphytotischen Substanzen in natürlichen Böden. - Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkunde 69, (114), 224 - 234, (1955)
- WITTISCH, W.: Der heutige Stand unseres Wissens von Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems im Walde. - Schriftenr. Forstl. Fakultät Univ. Göttingen 4, (1952)

ZADRAZIL, F.: Der Einfluß von langjährigen Düngungsmaßnahmen mit Stroh- und Gründüngung sowie Stickstoffdüngung auf einige physikalische, chemische und biologische Bodeneigenschaften. - Diss. Gießen, (1971)

anonym: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. - Verlag Paul Parey, S. 71, (1973)

A N H A N G

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen

Temperatur in °C 1971 und 1972

Monate	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahres mitte
1971													
1. Pentade	-8,7	0,3	-6,0	6,2	7,4	14,6	14,0	18,5	14,0	8,3		1,2	
2. "	-11,3	2,6	-2,9	7,9	12,7	13,5	18,9	16,9	11,4	7,4	5,5	-0,9	
3. "	-9,4	2,1	1,5	7,6	15,0	11,4	16,4	18,2	9,7	7,3	1,1	-0,7	
4. "	0,5	2,4	5,2	8,8	16,7	9,8	11,3	17,5	8,9	5,0	6,3	-0,3	
5. "	2,4	1,5	4,1	10,2	12,2	12,7	15,3	14,5	11,9	4,3	-1,6	5,3	
6. "	3,3	-3,6	2,9	3,6	11,5	12,1	18,5	14,0	10,1	10,1	-0,4	0,9	
Monatsmittel	-3,3	1,0	0,9	7,4	12,5	12,3	15,8	16,5	11,0	7,2	1,7	0,9	7,0

1972													
1. Pentade	-0,5	-5,6	0,4	7,1	11,3	11,7	13,9	15,4	12,2	5,1	5,4	5,2	
2. "	-2,7	0,3	2,1	6,8	10,7	12,0	17,4	18,6	14,2	6,9	7,9	5,3	
3. "	-0,9	0,9	1,1	4,7	5,8	10,5	13,2	17,0	9,7	5,3	3,7	2,5	
4. "	-6,3	2,1	5,4	4,1	6,5	12,1	20,8	13,0	9,0	4,8	1,6	-1,8	
5. "	-3,4	2,0	4,4	4,6	12,1	13,6	18,9	12,7	8,4	6,7	4,0	-5,7	
6. "	-6,5	1,1	4,1	6,2	9,7	15,9	14,3	13,5	7,2	8,5	1,2	-7,4	
Monatsmittel	-3,2	0,1	3,0	5,6	9,4	12,5	16,5	15,5	9,7	6,3	4,0	-3,8	6,3

langjähriges Mittel	-1,3	-0,7	3,2	8,0	12,1	15,5	17,1	16,3	13,2	8,5	3,2	-0,3	7,9
------------------------	------	------	-----	-----	------	------	------	------	------	-----	-----	------	-----

1971	Niederschläge in mm 1971 und 1972												Jahres summe
1. Pentade	4,0	0,7	0,0	2,2	0,0	9,7	0,1	14,6	0,1	0,9	0,0	0,8	
2. "	0,0	0,5	1,6	0,6	0,2	6,7	0,0	6,8	0,0	0,0	4,7	0,9	
3. "	0,0	1,3	0,3	0,0	15,0	16,8	0,0	3,0	4,5	34,3	0,6	0,3	
4. "	3,2	7,0	2,6	0,3	37,9	27,0	0,0	0,2	0,3	13,2	19,6	4,0	
5. "	2,5	4,1	3,2	28,0	30,4	1,1	0,0	16,2	1,7	2,8	5,3	0,7	
6. "	14,0	0,0	6,9	9,5	26,1	36,1	10,1	10,4	7,8	0,1	8,7	0,6	
Monatssumme	22,7	13,6	14,6	40,6	109,6	97,4	10,2	51,2	14,4	51,3	38,9	7,3	471,

1972													
1. Pentade	0,0	0,3	7,3	19,7	2,6	1,8	6,8	4,8	0,0	0,0	0,3	2,3	
2. "	10,5	2,6	4,9	5,4	30,0	42,1	32,3	11,6	15,4	0,0	0,1	5,2	
3. "	1,6	6,0	1,1	15,1	24,4	3,6	0,5	57,2	15,9	0,0	13,6	1,7	
4. "	0,0	0,0	0,0	2,6	18,6	0,6	1,0	30,5	7,3	4,4	9,4	0,0	
5. "	1,1	0,0	0,0	9,3	4,7	5,1	23,3	3,0	0,6	9,1	7,7	0,0	
6. "	7,9	0,0	21,1	0,5	22,3	35,4	2,8	0,0	5,3	7,2	0,0	0,0	
Monatssumme	21,1	8,9	34,4	52,6	102,6	88,6	66,7	107,1	44,5	20,7	30,1	9,2	586,
langjähriges Mittel	43,0	36,0	31,0	40,0	53,0	60,0	71,0	69,0	44,0	43,0	49,0	51,0	590,

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			t-Wert P = 0,05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	8.95	9.83	8.98	8.78	8.66	9.50	9.03	9.85	0.78
Gründüngung	9.13	10.09	9.12	8.45	<u>9.13</u>	9.61	<u>9.60</u>	10.09	0.98
50 dz/ha Str.	<u>9.63</u>	9.95	9.41	<u>9.15</u>	<u>9.35</u>	<u>10.19</u>	<u>9.87</u>	9.98	0.52
100 dz/ha Str.	<u>10.44</u>	9.97	<u>10.22</u>	<u>9.88</u>	<u>10.15</u>	<u>11.13</u>	<u>11.12</u>	<u>11.22</u>	0.92
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	<u>9.85</u>	9.75	9.90	<u>9.91</u>	<u>9.76</u>	<u>10.46</u>	<u>10.66</u>	<u>10.59</u>	0.48
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	9.23	9.53	8.79	8.74	8.83	9.52	9.53	9.75	0.45
Gründüngung	9.54	9.82	9.32	<u>9.13</u>	<u>9.41</u>	<u>10.01</u>	9.72	<u>10.26</u>	1.14
50 dz/ha Str.	<u>9.97</u>	10.20	<u>10.11</u>	<u>9.55</u>	<u>9.55</u>	<u>10.41</u>	<u>10.41</u>	10.00	0.36
100 dz/ha Str.	<u>10.87</u>	10.13	<u>10.05</u>	<u>10.46</u>	<u>10.40</u>	<u>11.18</u>	<u>11.17</u>	<u>11.66</u>	1.25
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	<u>10.37</u>	10.09	<u>10.07</u>	<u>9.97</u>	<u>9.76</u>	<u>11.00</u>	<u>10.66</u>	<u>10.88</u>	0.51
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	9.44	9.97	9.25	8.53	8.69	9.81	9.50	10.28	1.01
Gründüngung	9.47	9.71	9.91	<u>8.94</u>	<u>9.79</u>	<u>10.25</u>	<u>10.00</u>	10.47	0.43
50 dz/ha Str.	<u>9.86</u>	9.72	10.33	<u>9.44</u>	<u>9.57</u>	<u>10.73</u>	<u>10.19</u>	10.36	0.76
100 dz/ha Str.	<u>10.83</u>	10.12	10.18	<u>9.73</u>	<u>10.59</u>	<u>11.65</u>	<u>11.39</u>	<u>12.00</u>	1.27
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	<u>10.42</u>	9.93	10.34	<u>10.12</u>	<u>10.21</u>	<u>10.94</u>	<u>10.70</u>	<u>11.06</u>	0.49
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	9.63	10.18	9.23	8.89	9.11	9.69	9.61	9.85	0.90
Gründüngung	9.83	10.15	10.01	8.93	9.39	<u>10.34</u>	<u>9.96</u>	<u>10.00</u>	0.65
50 dz/ha Str.	9.34	9.52	9.90	<u>9.72</u>	<u>10.05</u>	<u>10.68</u>	<u>10.30</u>	<u>10.68</u>	0.63
100 dz/ha Str.	<u>10.81</u>	9.74	<u>10.65</u>	<u>9.88</u>	<u>10.64</u>	<u>11.48</u>	<u>11.43</u>	<u>11.75</u>	1.02
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	<u>10.28</u>	10.34	<u>10.64</u>	<u>9.95</u>	<u>10.13</u>	<u>11.21</u>	<u>10.87</u>	<u>11.09</u>	0.66
t-Wert	0.32	1.55	1.13	0.35	0.46	0.31	0.35	0.40	
P = 0,05									

Die unterstrichenen Messwerte haben gesicherte Differenzen mit der Kontrolle

Anhang 3: Kohlenstoffgehalt des Bodens (mg/g Boden) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rautisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			t-Wert P = 0.05
	BU 41	BU 42	BU 43	BU 44	BU 45	BU 46	BU 47	BU 48	BU 49
	17.4.	16.5.	6.6.	27.6.	18.7.	8.8.	29.8.	26.9.	24.10.
<u>N₀</u>									
Kontrolle	8.59	10.10	9.29	8.79	9.59	9.34	9.89	9.20	9.03
Gründüngung	<u>9.25</u>	<u>9.80</u>	<u>9.61</u>	<u>8.29</u>	<u>10.30</u>	<u>9.05</u>	<u>9.35</u>	<u>9.79</u>	<u>9.23</u>
50 dz/ha Str.	<u>9.65</u>	<u>10.31</u>	<u>9.90</u>	<u>8.78</u>	<u>10.43</u>	<u>9.37</u>	<u>9.64</u>	<u>9.91</u>	<u>8.90</u>
100 dz/ha Str.	<u>10.05</u>	<u>11.33</u>	<u>10.83</u>	<u>9.73</u>	<u>11.06</u>	<u>10.42</u>	<u>10.82</u>	<u>11.14</u>	<u>10.55</u>
50 dz/ha Str. + Gründüngung	<u>9.83</u>	<u>10.17</u>	<u>10.57</u>	<u>9.08</u>	<u>10.57</u>	<u>9.93</u>	<u>9.81</u>	<u>10.56</u>	<u>9.26</u>
									0.44
									0.54
									0.32
									0.35
									0.28
<u>N₇₅</u>									
Kontrolle	8.81	10.16	11.08	9.04	9.57	9.56	9.67	9.63	9.25
Gründüngung	<u>9.02</u>	<u>9.89</u>	<u>9.98</u>	<u>8.71</u>	<u>10.09</u>	<u>9.21</u>	<u>9.70</u>	<u>9.70</u>	<u>8.79</u>
50 dz/ha Str.	<u>9.25</u>	<u>10.36</u>	<u>10.39</u>	<u>9.17</u>	<u>10.58</u>	<u>9.50</u>	<u>10.12</u>	<u>10.71</u>	<u>9.69</u>
100 dz/ha Str.	<u>10.80</u>	<u>11.42</u>	<u>11.36</u>	<u>10.08</u>	<u>11.62</u>	<u>10.90</u>	<u>11.23</u>	<u>11.16</u>	<u>10.78</u>
50 dz/ha Str. + Gründüngung	<u>10.21</u>	<u>10.71</u>	<u>10.96</u>	<u>9.58</u>	<u>10.98</u>	<u>9.97</u>	<u>10.35</u>	<u>10.82</u>	<u>9.91</u>
									0.43
t - Wert	0.56	0.50	0.93	0.32	0.31	0.18	0.29	0.56	0.43
P = 0.05									

Die unterstrichenen Messwerte haben gesicherte Differenzen mit der Kontrolle

Anhang 4: Stickstoffgehalt des Bodens (mg/g Boden) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

4.2.2

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			t-Wert P = 0,05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	0.989	0.856	0.979	0.956	0.954	0.962	0.948	0.941	0.070
Gründüngung	1.028	1.040	1.015	0.966	1.026	1.000	1.041	1.041	0.077
50 dz/ha Str.	1.042	0.996	0.998	1.000	0.968	1.018	1.028	1.079	0.112
100 dz/ha Str.	1.033	1.053	1.056	1.086	1.068	1.047	1.150	1.052	0.059
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	1.040	1.146	1.036	1.073	1.031	1.017	1.096	1.034	0.038
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	0.997	1.073	0.971	0.986	1.024	0.989	1.051	0.918	0.086
Gründüngung	1.081	1.017	1.058	1.036	1.070	1.047	1.057	1.004	0.097
50 dz/ha Str.	1.097	1.042	1.027	1.122	1.045	1.077	1.062	1.058	0.168
100 dz/ha Str.	1.049	1.091	1.131	1.080	1.063	1.098	1.070	1.126	0.036
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	1.058	1.089	1.098	1.054	1.084	1.087	1.055	1.040	0.056
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	1.017	0.972	0.992	0.986	0.951	0.993	1.037	0.952	0.067
Gründüngung	1.029	1.026	1.045	1.005	1.026	1.035	1.027	1.043	0.046
50 dz/ha Str.	1.003	1.021	1.047	1.051	1.012	1.060	1.054	1.024	0.041
100 dz/ha Str.	1.044	1.133	1.127	1.059	1.110	1.143	1.155	1.107	0.045
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	1.055	1.113	1.106	1.110	1.061	1.105	1.117	1.137	0.073
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	1.046	0.966	1.014	1.025	1.004	1.014	1.012	0.994	0.089
Gründüngung	1.047	1.044	1.049	1.029	1.015	1.029	1.087	1.091	0.081
50 dz/ha Str.	1.008	1.082	1.089	1.047	1.024	1.042	1.032	1.035	0.046
100 dz/ha Str.	1.097	1.160	1.099	1.073	1.101	1.128	1.183	1.169	0.048
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	1.090	1.080	1.136	1.092	1.097	1.098	1.144	1.061	0.107
t-Wert P = 0,05	0.131	0.042	0.031	0.117	0.056	0.048	0.029	0.051	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0.05	
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.		BU 49 24.10.
<u>N₀</u>										
Kontrolle	0.925	1.000	1.007	0.968	0.942	0.991	1.052	0.965	0.995	0.033
Gründüngung	0.965	0.957	1.024	0.965	1.049	0.998	0.982	1.040	1.036	0.014
50 dz/ha Str.	0.992	1.007	1.030	0.991	1.083	1.012	1.019	1.037	1.023	0.025
100 dz/ha Str.	1.027	1.091	0.942	1.076	1.118	1.121	1.118	1.148	1.105	0.047
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.969	0.961	1.046	1.062	1.072	0.998	1.039	1.075	1.023	0.026
<u>N₇₅</u>										
Kontrolle	0.971	1.018	1.017	1.010	0.993	1.032	1.056	1.021	1.010	0.026
Gründüngung	0.879	1.008	1.065	1.004	1.028	1.045	1.014	1.033	1.044	0.024
50 dz/ha Str.	0.936	1.013	1.020	1.088	1.065	1.066	1.052	1.059	1.045	0.027
100 dz/ha Str.	1.119	1.028	1.193	1.140	1.133	1.126	1.175	1.062	1.169	0.073
50 dz/ha Str. + Gründüngung	1.044	1.049	1.098	1.063	1.125	1.034	1.136	1.124	1.091	0.026
t - Wert P = 0.05	0.012	0.031	0.141	0.018	0.034	0.020	0.028	0.066	0.022	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen
im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			Mittelwert $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	9.04	11.48	9.16	9.17	9.07	9.87	9.52	10.43	9.71
Gründüngung	8.88	9.69	8.99	8.75	8.90	9.61	9.22	9.68	9.21
50 dz/ha Stroh	9.24	9.99	9.42	9.14	9.65	10.00	9.59	9.25	9.53
100 dz/ha Stroh	10.10	9.46	9.67	9.10	9.50	10.63	9.66	10.67	9.86
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	9.47	8.50	9.53	9.23	9.46	10.27	9.72	10.24	9.55
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	9.25	8.88	9.05	8.86	8.62	9.63	9.06	10.62	9.24
Gründüngung	8.82	9.65	8.81	8.81	8.79	9.56	9.19	10.21	9.23
50 dz/ha Stroh	9.09	9.78	9.84	8.51	9.13	9.67	9.79	9.44	9.40
100 dz/ha Stroh	10.36	9.28	8.89	9.69	9.77	10.18	10.43	10.35	9.86
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	9.80	9.27	9.17	9.45	9.01	10.12	10.10	10.45	9.68
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	9.28	10.25	9.32	8.65	9.13	9.88	9.15	10.79	9.55
Gründüngung	9.20	9.45	9.47	8.90	9.53	9.90	9.73	10.03	9.52
50 dz/ha Stroh	9.83	9.52	9.86	8.98	9.45	10.12	9.66	10.12	9.69
100 dz/ha Stroh	10.37	8.93	9.02	9.18	9.54	10.19	9.86	10.83	9.74
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	9.87	8.92	9.34	9.11	9.61	9.89	9.57	9.76	9.63
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	9.20	10.53	9.10	8.67	9.07	9.55	9.49	9.90	9.56
Gründüngung	9.15	9.72	9.54	8.67	9.24	10.05	9.16	9.16	9.33
50 dz/ha Stroh	9.26	8.79	9.08	9.28	9.81	10.24	9.98	10.31	9.59
100 dz/ha Stroh	9.84	8.39	9.68	9.21	9.66	10.18	9.65	10.05	9.58
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	9.43	9.58	9.36	9.11	9.23	10.20	9.50	10.44	9.60
Mittelwert $\bar{x}$	9.47	9.50	9.28	9.07	9.30	9.98	9.60	10.13	

Anhang 8: Kohlenstoffgehalt des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes (mg/g Boden) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und Stickstoffdüngung.

4.2.4.1

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t -Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	3.18	3.25	3.08	3.25	3.23	3.13	3.29	2.95	0.53
Gründüngung	3.27	2.88	3.26	3.11	3.23	2.95	3.24	3.30	0.41
50 dz/ha Str.	3.45	3.70	3.02	3.68	3.54	3.48	3.53	3.36	0.82
100 dz/ha Str.	3.63	3.85	3.64	3.70	3.47	3.63	4.14	3.72	0.98
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	3.51	3.88	3.32	3.75	3.76	3.35	4.21	3.68	0.81
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	3.20	3.27	3.34	3.34	3.31	3.18	3.41	3.31	1.00
Gründüngung	3.46	3.24	3.16	3.41	3.36	3.21	3.34	3.14	0.56
50 dz/ha Str.	3.52	3.80	3.20	3.59	3.73	3.47	3.90	3.28	0.71
100 dz/ha Str.	3.55	4.02	3.33	4.06	3.89	3.78	4.17	3.91	1.16
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	3.66	4.01	3.43	3.85	3.80	3.66	4.30	3.66	0.99
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	3.38	3.22	3.22	3.24	3.28	3.01	3.17	3.22	0.58
Gründüngung	3.55	3.00	2.99	3.33	3.42	3.28	3.63	3.15	0.46
50 dz/ha Str.	3.52	3.55	3.31	3.53	3.69	3.41	3.99	3.52	0.76
100 dz/ha Str.	3.96	4.04	3.88	3.74	4.09	3.97	4.30	3.91	0.83
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	3.65	3.85	3.44	3.94	3.94	3.65	4.17	3.66	0.78
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	3.36	3.27	3.13	3.35	3.43	3.23	3.29	3.17	0.62
Gründüngung	3.52	3.70	3.20	3.57	3.46	3.22	3.70	3.36	0.99
50 dz/ha Str.	3.61	3.83	3.53	3.70	3.67	3.57	3.86	3.49	0.97
100 dz/ha Str.	3.85	4.11	3.79	3.92	4.21	3.82	4.60	3.81	0.90
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	3.60	4.02	3.58	3.77	3.70	3.47	4.24	3.62	0.82
t -Wert P = 0.05	0.79	1.17	1.00	0.40	0.28	0.27	0.42	1.00	

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0.05	
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.		BU 49 24.10.
<u>N₀</u>										
Kontrolle	3.35	3.42	2.97	2.94	3.00	3.50	3.58	2.85	3.07	0.72
Gründüngung	3.69	3.41	2.92	2.57	3.36	3.53	3.56	2.86	3.10	0.58
50 dz/ha Str.	3.74	3.51	3.22	3.03	3.46	3.81	3.49	2.97	3.11	0.60
100 dz/ha Str.	3.98	3.85	3.76	3.36	3.80	4.26	3.61	3.64	3.65	0.82
50 dz/ha Str. + Gründüngung	3.98	3.68	3.53	3.12	3.62	3.66	3.74	3.28	3.09	0.81
<u>N₇₅</u>										
Kontrolle	3.59	3.63	2.92	2.98	3.46	3.55	3.58	3.04	3.21	0.53
Gründüngung	3.71	3.45	3.07	2.88	3.52	3.37	3.47	2.99	3.20	0.52
50 dz/ha Str.	3.86	3.64	3.41	3.08	3.71	3.48	4.03	3.38	3.26	0.57
100 dz/ha Str.	4.40	4.01	4.10	3.57	3.98	3.91	4.15	3.68	3.68	0.80
50 dz/ha Str. + Gründüngung	4.36	3.77	3.77	3.29	3.89	3.40	4.20	3.45	3.42	0.55
t - Wert P = 0.05	0.93	0.42	0.99	0.53	0.99	0.30	0.14	0.63	0.73	

Anhang 10: Anteil des Kohlenstoffs im Pyrophosphatextrakt in % vom Gesamtkohlenstoff- 4.2.4.1
gehalt des Bodens im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der
organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Ravisch-Holzhausen im Institut
für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			Mittelwert $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	35.5	33.1	34.3	37.0	37.3	33.0	36.4	29.9	34.5
Gründüngung	35.8	-	35.8	36.8	35.4	30.7	33.8	32.7	34.4
50 dz/ha Stroh	35.8	37.2	32.1	40.2	37.8	34.1	35.8	33.7	35.8
100 dz/ha Stroh	33.8	38.7	35.6	37.4	36.9	32.6	37.2	33.1	35.6
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	35.6	39.8	33.5	37.9	38.4	32.0	39.4	34.8	36.4
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	34.7	34.3	38.0	38.2	37.5	33.4	35.8	33.9	35.7
Gründüngung	36.2	33.0	33.9	37.3	35.7	32.1	34.4	30.5	34.1
50 dz/ha Stroh	35.2	37.2	31.6	37.5	39.0	33.3	37.4	32.8	35.5
100 dz/ha Stroh	32.6	39.7	33.1	38.8	37.4	33.8	37.4	33.5	35.7
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	35.3	39.7	34.0	38.6	38.9	33.3	40.3	33.6	36.7
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	35.8	32.3	34.8	37.9	37.7	30.7	33.3	31.3	34.2
Gründüngung	37.5	30.1	30.2	37.2	34.9	31.9	36.3	30.0	33.6
50 dz/ha Stroh	35.6	36.5	32.0	37.3	38.6	31.8	39.1	34.0	35.6
100 dz/ha Stroh	36.5	39.9	38.1	38.4	38.7	34.0	37.7	32.5	36.9
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	35.1	38.8	33.2	38.9	38.6	33.3	39.0	33.1	36.2
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	34.9	32.1	33.9	37.7	37.7	33.4	34.2	32.2	34.5
Gründüngung	35.8	36.4	31.9	40.0	36.8	31.1	37.1	33.6	35.3
50 dz/ha Stroh	38.6	40.2	35.6	38.0	36.8	33.4	37.5	32.7	36.5
100 dz/ha Stroh	35.6	42.1	35.6	39.6	39.5	33.3	40.2	32.4	37.2
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	34.9	38.8	33.6	37.9	36.5	30.9	39.0	32.7	35.5
Mittelwert $\bar{x}$	35.5	36.8	34.0	38.1	37.4	32.6	37.0	32.6	

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				Mittelwert $\bar{x}$
	BU 41	BU 42	BU 43	BU 44	BU 45	BU 46	BU 47	BU 48	BU 49
	17.4.	16.5.	6.6.	27.6.	18.7.	8.8.	29.8.	26.9.	24.10.
<u>N₀</u>									
Kontrolle	39.0	33.9	32.0	33.4	31.3	37.5	36.2	30.9	33.9
Gründüngung	39.9	34.8	30.4	31.0	32.6	39.0	38.0	29.2	33.5
50 dz/ha Stroh	38.7	34.0	32.5	34.5	33.1	40.6	36.2	30.0	34.9
100 dz/ha Stroh	39.5	33.9	34.7	34.5	34.3	40.9	33.3	32.7	34.6
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	40.4	36.2	33.4	34.3	34.2	36.8	38.1	31.0	33.3
									34.2
									34.7
									34.9
									34.9
									35.3
<u>N₇₅</u>									
Kontrolle	40.8	35.7	26.3	33.0	36.1	37.1	37.0	31.5	34.7
Gründüngung	41.1	34.9	30.7	33.0	34.8	36.5	35.8	30.8	36.4
50 dz/ha Stroh	41.7	35.1	32.8	33.6	35.1	36.6	39.8	31.6	33.6
100 dz/ha Stroh	40.7	35.1	36.0	35.4	34.2	35.8	37.0	32.9	34.1
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	42.7	35.1	34.4	34.3	35.4	34.1	40.5	31.9	34.5
									35.6
									35.8
Mittelwert $\bar{x}$	40.4	34.8	33.3	33.7	34.1	37.4	37.1	31.2	34.3

Stickstoffgehalt des Pyrophosphat-Natronlaugextraktes (mg/g Boden) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	0.362	0.411	0.368	0.404	0.386	0.380	0.382	0.385	0.030
Gründüngung	0.376	0.387	0.400	0.414	0.392	0.382	0.400	0.400	0.065
50 dz/ha Str.	0.385	0.441	0.397	0.409	0.422	0.422	0.411	0.450	0.059
100 dz/ha Str.	0.405	0.475	0.421	0.436	0.456	0.418	0.459	0.461	0.070
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.418	0.446	0.433	0.432	0.469	0.435	0.469	0.458	0.068
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	0.365	0.426	0.378	0.383	0.413	0.386	0.375	0.400	0.045
Gründüngung	0.403	0.409	0.411	0.391	0.432	0.410	0.418	0.436	0.041
50 dz/ha Str.	0.437	0.464	0.385	0.417	0.445	0.428	0.418	0.456	0.036
100 dz/ha Str.	0.398	0.450	0.429	0.422	0.467	0.438	0.486	0.480	0.044
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.430	0.487	0.437	0.437	0.460	0.508	0.444	0.427	0.112
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	0.367	0.424	0.341	0.386	0.400	0.379	0.387	0.402	0.051
Gründüngung	0.407	0.405	0.412	0.409	0.432	0.398	0.435	0.453	0.037
50 dz/ha Str.	0.370	0.418	0.421	0.433	0.448	0.431	0.430	0.477	0.035
100 dz/ha Str.	0.419	0.488	0.465	0.417	0.471	0.455	0.438	0.446	0.069
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.437	0.464	0.444	0.432	0.483	0.440	0.476	0.524	0.057
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	0.352	-	0.411	0.411	0.423	0.347	0.407	0.400	0.031
Gründüngung	0.411	0.456	0.432	0.414	0.431	0.401	0.429	0.435	0.033
50 dz/ha Str.	0.399	0.464	0.422	0.417	0.466	0.438	0.438	0.428	0.066
100 dz/ha Str.	0.414	0.416	0.424	0.428	0.476	0.461	0.478	0.547	0.065
50 dz/ha Str.	0.407	0.493	0.444	0.446	0.436	0.449	0.484	0.441	0.063
t-Wert P = 0.05	0.090	0.042	0.041	0.041	0.033	0.046	0.035	0.024	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0.05	
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.		BU 49 24.10.
N ₀										
Kontrolle	0.409	0.481	0.470	0.426	0.416	0.413	0.403	0.363	0.399	0.036
Gründüngung	0.459	0.454	0.453	0.426	0.435	0.396	0.462	0.385	0.377	0.051
50 dz/ha Str.	0.445	0.459	0.488	0.435	0.432	0.429	0.398	0.397	0.383	0.045
100 dz/ha Str.	0.473	0.498	0.528	0.464	0.488	0.439	0.453	0.447	0.440	0.051
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.493	0.478	0.541	0.430	0.471	0.412	0.418	0.410	0.398	0.050
N ₇₅										
Kontrolle	0.473	0.469	0.472	0.446	0.447	0.439	0.431	0.377	0.376	0.065
Gründüngung	0.454	0.454	0.479	0.428	0.473	0.414	0.394	0.414	0.387	0.051
50 dz/ha Str.	0.462	0.463	0.482	0.435	0.445	0.434	0.428	0.419	0.401	0.071
100 dz/ha Str.	0.503	0.488	0.554	0.471	0.479	0.478	0.451	0.436	0.443	0.047
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.486	0.483	0.570	0.440	0.493	0.480	0.440	0.443	0.414	0.047
t - Wert P = 0.05	0.131	0.043	0.036	0.037	0.043	0.020	0.029	0.028	0.023	

Das C/N-Verhältnis des Pyrophosphatextraktes im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			Mittelwert $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	8,78	7,91	8,36	8,04	8,38	8,23	8,60	7,66	8,24
Gründüngung	8,70	7,43	8,16	7,52	8,24	7,73	8,12	8,23	8,01
50 dz/ha Stroh	8,95	8,39	7,60	8,98	8,35	8,24	8,58	7,48	8,32
100 dz/ha Stroh	8,72	8,12	8,64	8,47	8,21	8,68	9,01	8,07	8,49
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	8,40	8,68	7,66	8,67	8,00	7,69	8,97	8,03	8,26
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	8,77	7,68	8,83	8,70	8,03	8,23	9,08	8,27	8,44
Gründüngung	8,57	7,91	7,69	8,70	7,77	7,83	7,99	7,20	7,95
50 dz/ha Stroh	8,05	8,20	8,30	8,61	8,39	8,10	9,33	7,21	8,27
100 dz/ha Stroh	8,90	8,92	7,76	9,63	8,34	8,63	8,58	8,14	8,61
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	8,52	8,23	7,83	8,81	8,26	7,21	9,68	8,58	8,39
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	9,20	7,60	9,43	8,39	8,19	7,95	8,19	8,00	8,36
Gründüngung	8,72	7,40	7,26	8,14	7,91	8,24	8,35	6,95	7,87
50 dz/ha Stroh	9,51	8,48	7,85	8,14	8,25	7,91	9,27	7,39	8,35
100 dz/ha Stroh	9,43	8,28	8,34	8,96	8,70	8,71	9,81	8,75	8,87
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	8,35	8,30	7,75	9,12	8,16	8,28	8,77	6,99	8,21
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	9,55	-	7,61	8,14	8,12	9,31	8,08	7,92	8,39
Gründüngung	8,55	8,12	7,40	8,62	8,01	8,02	8,61	7,73	8,13
50 dz/ha Stroh	9,04	8,27	8,35	8,86	7,88	8,14	8,81	8,16	8,43
100 dz/ha Stroh	9,31	9,86	8,93	9,16	8,83	8,30	9,62	6,97	8,87
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	8,84	8,14	8,07	8,45	8,48	7,73	8,77	8,21	8,33
Mittelwert $\bar{x}$	8,84	8,20	8,09	8,60	8,22	8,15	8,76	7,79	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Raurisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				Mittelwert $\bar{x}$
	BU 41	BU 42	BU 43	BU 44	BU 45	BU 46	BU 47	BU 48 26.9.11	BU 49 24.10.
	17. 4.	16. 5.	6. 6.	27. 6.	18. 7.	8. 8.	29. 8.		
N₀									
Kontrolle	8.19	7.11	6.32	6.90	7.21	8.48	8.87	7.85	7.68
Gründüngung	8.05	7.51	6.44	6.04	7.74	8.93	7.70	7.43	8.22
50 dz/ha Stroh	8.39	7.65	6.59	6.98	8.00	8.89	8.77	7.50	8.12
100 dz/ha Stroh	8.40	7.72	7.12	7.25	7.78	9.69	7.97	8.15	8.31
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	8.07	7.70	6.54	7.25	7.70	8.87	8.94	7.99	7.74
N₇₅									
Kontrolle	7.60	7.74	6.19	6.70	7.72	8.08	8.31	8.06	8.55
Gründüngung	8.16	7.59	6.41	6.72	7.44	8.13	8.79	7.23	8.28
50 dz/ha Stroh	8.36	7.86	7.07	7.08	8.35	8.02	9.71	8.06	8.13
100 dz/ha Stroh	8.73	8.21	7.39	7.59	8.30	8.18	9.20	8.42	8.30
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	8.96	7.79	6.62	7.48	7.89	7.08	9.52	7.79	8.25
Mittelwert $\bar{x}$	8.29	7.68	6.66	6.99	7.81	8.43	8.77	7.84	8.15

Extinktion (E/1 g Boden 10 ml, 500 nm) des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	0.984	1.100	0.987	1.003	1.016	0.997	1.027	1.084	0.148
GrÜndÜngung	1.027	1.072	1.023	1.025	1.026	0.977	1.084	1.147	0.137
50 dz/ha Str.	1.040	1.209	1.024	1.056	1.098	1.082	1.111	1.204	0.140
100 dz/ha Str.	1.041	1.223	1.091	1.108	1.159	1.122	1.203	1.291	0.127
50 dz/ha Str.+ GrÜndÜngung	1.134	1.160	1.014	1.090	1.132	1.094	1.122	1.213	0.121
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	0.992	1.126	1.043	1.018	1.050	1.039	1.044	1.155	0.159
GrÜndÜngung	1.040	1.128	0.991	1.041	1.060	0.992	1.057	1.112	0.141
50 dz/ha Str.	1.052	1.246	1.067	1.093	1.139	1.067	1.164	1.179	0.128
100 dz/ha Str.	1.067	1.230	1.118	1.150	1.158	1.120	1.169	1.286	0.176
50 dz/ha Str.+ GrÜndÜngung	1.082	1.245	1.056	1.131	1.146	1.104	1.150	1.209	0.133
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	1.039	1.125	1.032	1.010	1.049	1.014	1.087	1.164	0.165
GrÜndÜngung	1.064	1.093	1.055	1.033	1.096	1.057	1.082	1.169	0.142
50 dz/ha Str.	1.088	1.150	1.094	1.064	1.100	1.090	1.162	1.181	0.154
100 dz/ha Str.	1.147	1.248	1.170	1.101	1.180	1.177	1.213	1.285	0.141
50 dz/ha Str.+ GrÜndÜngung	1.112	1.209	1.070	1.131	1.163	1.109	1.184	1.211	0.154
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	1.049	1.144	1.072	1.019	1.079	1.081	1.125	1.166	0.151
GrÜndÜngung	1.071	1.162	1.128	1.019	1.100	1.049	1.118	1.200	0.121
50 dz/ha Str.	1.113	1.214	1.086	1.115	1.082	1.143	1.189	1.241	0.155
100 dz/ha Str.	1.167	1.220	1.091	1.107	1.230	1.171	1.243	1.276	0.159
50 dz/ha Str.+ GrÜndÜngung	1.103	1.255	1.081	1.111	1.154	1.121	1.205	1.226	0.136
t-Wert P = 0.05	0.088	0.116	0.183	0.082	0.063	0.080	0.180	0.200	

Anhang 17: Extinktion (E/1 g Bd., 10 ml, 500 nm) des Pyrophosphat-Natronlaugextraktes im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung. Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen

4.2.4.4

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0,05	
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.		BU 49 24.10.
N ₀										
Kontrolle	1.029	1.137	1.139	1.113	1.073	1.042	1.042	1.051	1.078	0.104
Gründüngung	1.100	1.121	1.134	1.080	1.101	1.017	1.067	1.067	1.081	0.133
50 dz/ha Str.	1.139	1.165	1.179	1.135	1.148	1.083	1.091	1.121	1.083	0.100
100 dz/ha Str.	1.166	1.247	1.277	1.171	1.215	1.157	1.146	1.204	1.181	0.157
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	1.158	1.216	1.259	1.133	1.151	1.102	1.096	1.124	1.136	0.157
N ₇₅										
Kontrolle	1.112	1.181	1.174	1.139	1.122	1.105	1.081	1.098	1.111	0.139
Gründüngung	1.122	1.153	1.182	1.124	1.150	1.047	1.069	1.100	1.123	0.097
50 dz/ha Str.	1.145	1.202	1.224	1.149	1.204	1.098	1.244	1.173	1.147	0.181
100 dz/ha Str.	1.264	1.266	1.321	1.215	1.289	1.167	1.210	1.249	1.220	0.177
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	1.183	1.245	1.307	1.196	1.242	1.118	1.149	1.227	1.172	0.128
t-Wert P = 0,05	0.244	0.060	0.164	0.116	0.086	0.037	0.130	0.157	0.139	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage				Mittelwert $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.		
<u>N₀</u>										
Kontrolle	0.309	0.337	0.320	0.308	0.314	0.318	0.312	0.367	0.323	
Gründüngung	0.313	0.372	0.313	0.328	0.317	0.330	0.333	0.347	0.331	
50 dz/ha Stroh	0.301	0.326	0.338	0.286	0.310	0.310	0.314	0.357	0.317	
100 dz/ha Stroh	0.294	0.317	0.299	0.299	0.309	0.308	0.290	0.346	0.311	
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.322	0.299	0.305	0.290	0.301	0.326	0.266	0.328	0.304	
<u>N₂₀</u>										
Kontrolle	0.309	0.343	0.311	0.304	0.316	0.326	0.306	0.349	0.320	
Gründüngung	0.300	0.347	0.312	0.305	0.315	0.308	0.315	0.354	0.319	
50 dz/ha Stroh	0.299	0.327	0.333	0.304	0.305	0.307	0.298	0.358	0.316	
100 dz/ha Stroh	0.300	0.305	0.335	0.282	0.297	0.295	0.279	0.328	0.302	
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.294	0.310	0.307	0.293	0.301	0.301	0.267	0.329	0.300	
<u>N₄₀</u>										
Kontrolle	0.307	0.349	0.320	0.311	0.319	0.336	0.342	0.361	0.330	
Gründüngung	0.299	0.363	0.352	0.310	0.320	0.322	0.297	0.370	0.329	
50 dz/ha Stroh	0.309	0.323	0.330	0.301	0.297	0.319	0.291	0.335	0.313	
100 dz/ha Stroh	0.289	0.308	0.301	0.293	0.288	0.296	0.282	0.328	0.298	
50 dz/ha Stroh +	0.304	0.313	0.311	0.286	0.294	0.303	0.283	0.330	0.303	
<u>N₆₀</u>										
Kontrolle	0.311	0.349	0.341	0.303	0.314	0.333	0.341	0.367	0.332	
Gründüngung	0.304	0.313	0.352	0.284	0.318	0.325	0.302	0.356	0.319	
50 dz/ha Stroh	0.308	0.316	0.307	0.301	0.294	0.319	0.307	0.355	0.313	
100 dz/ha Stroh	0.302	0.296	0.287	0.282	0.292	0.305	0.270	0.334	0.296	
50 dz/ha Stroh +	0.306	0.311	0.301	0.294	0.311	0.322	0.283	0.337	0.308	
Mittelwert $\bar{x}$	0.304	0.326	0.318	0.298	0.306	0.315	0.298	0.346		

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage				Mittelwert $\bar{x}$
	BU 41 17. 4.	BU 42 16. 5.	BU 43 6. 6.	BU 44 27. 6.	BU 45 18. 7.	BU 46 8. 8.	BU 47 29. 8.	BU 48 26. 9.	BU 49 24. 10.	
<u>N₀</u>										
Kontrolle	0.306	0.331	0.382	0.378	0.357	0.297	0.291	0.368	0.351	0.340
Gründüngung	0.297	0.328	0.387	0.418	0.326	0.287	0.299	0.372	0.348	0.340
50 dz/ha Stroh	0.304	0.331	0.366	0.373	0.331	0.284	0.312	0.376	0.347	0.336
100 dz/ha Stroh	0.292	0.324	0.339	0.348	0.319	0.271	0.316	0.330	0.322	0.319
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.290	0.329	0.355	0.363	0.317	0.301	0.292	0.342	0.367	0.328
<u>N₇₅</u>										
Kontrolle	0.309	0.325	0.401	0.381	0.327	0.311	0.301	0.361	0.345	0.340
Gründüngung	0.302	0.333	0.384	0.390	0.326	0.310	0.307	0.367	0.350	0.341
50 dz/ha Stroh	0.296	0.329	0.358	0.372	0.323	0.315	0.308	0.346	0.351	0.333
100 dz/ha Stroh	0.287	0.315	0.322	0.339	0.323	0.298	0.291	0.339	0.331	0.316
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.271	0.330	0.346	0.362	0.318	0.328	0.273	0.355	0.342	0.325
Mittelwert $\bar{x}$	0.295	0.327	0.363	0.372	0.326	0.300	0.299	0.355	0.345	

Anhang 20: Extinktionsquotienten des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes (EQ 4/5) 4.2.4.5
im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen
Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im
Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	2.92	3.00	2.86	2.85	2.89	2.80	2.87	2.75	0.16
Gründüngung	2.90	2.93	3.00	2.86	2.91	2.90	2.91	2.71	0.16
50 dz/ha Stroh	2.92	3.11	3.02	2.95	3.02	2.92	3.01	2.85	0.24
100 dz/ha Stroh	3.04	3.12	3.11	3.05	3.13	3.13	3.27	2.91	0.20
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.98	3.13	3.16	3.03	3.05	2.86	3.00	2.85	0.27
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	2.90	2.99	2.95	2.87	2.86	2.86	2.98	2.71	0.08
Gründüngung	2.93	2.93	3.06	2.92	2.89	2.94	2.95	2.86	0.14
50 dz/ha Stroh	2.99	2.97	3.01	2.96	2.98	3.04	2.99	2.82	0.18
100 dz/ha Stroh	2.99	3.17	3.20	2.99	3.14	3.12	3.35	3.05	0.25
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	3.05	3.34	3.10	2.98	3.07	3.00	3.06	2.99	0.20
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	2.92	3.04	3.02	2.85	2.93	2.91	2.94	2.76	0.13
Gründüngung	2.92	2.95	2.93	2.86	2.96	2.94	2.95	2.78	0.21
50 dz/ha Stroh	2.95	3.01	3.09	3.02	3.07	3.08	3.01	2.90	0.30
100 dz/ha Stroh	3.08	3.14	3.20	2.95	3.17	3.16	3.20	3.11	0.16
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	3.03	3.75	3.02	3.02	3.08	3.03	3.18	2.95	0.70
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	2.90	2.99	2.86	2.87	2.88	2.82	2.97	2.86	0.13
Gründüngung	2.91	3.04	2.96	3.25	2.98	2.90	2.91	2.77	0.48
50 dz/ha Stroh	2.99	3.08	3.05	3.00	3.53	3.09	3.11	2.87	0.68
100 dz/ha Stroh	3.03	3.07	3.15	2.91	3.14	3.06	3.29	3.02	0.34
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	3.01	3.09	3.13	3.04	3.06	3.06	3.04	2.91	0.18
t-Wert x	0.16	0.46	0.25	0.27	0.43	0.15	0.20	0.25	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen.

Variante	BU 41	BU 42	BU 43	BU 44	BU 45	BU 46	BU 47	BU 48	BU 49	t-Wert P = 0.05
<u>N₀</u>	17. 4.	16.5.	6.6.	27.6.	18.7.	8.8.	29.8.	26.9.	24.10.	
Kontrolle	2.87	2.83	2.80	2.74	2.82	2.89	2.92	2.88	2.93	0.16
Gründüngung	2.91	2.77	2.77	2.79	2.87	2.84	2.79	2.89	2.91	0.12
50 dz/ha Stroh	2.92	2.86	2.85	2.90	2.94	2.89	2.83	2.98	2.99	0.12
100 dz/ha Stroh	2.97	2.95	2.96	3.02	3.02	2.98	2.98	3.39	3.11	0.32
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	3.02	2.87	2.92	2.97	2.95	2.90	2.84	3.14	2.99	0.29
<u>N₇₅</u>										
Kontrolle	2.94	2.86	2.79	2.90	2.81	2.83	2.88	2.96	2.99	0.17
Gründüngung	2.77	2.79	2.80	2.90	2.68	2.84	2.84	2.91	2.93	0.16
50 dz/ha Stroh	3.01	2.89	2.90	2.97	2.93	2.91	2.80	3.03	3.02	0.16
100 dz/ha Stroh	3.07	2.98	3.02	3.04	3.04	3.00	2.93	3.09	3.07	0.16
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	3.04	2.94	2.92	2.94	2.96	2.92	2.80	3.03	3.07	0.14
t-Wert P = 0.05	0.21	0.02	0.03	0.16	0.13	0.07	0.08	0.39	0.24	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im
Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlange			t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	2.28	2.19	2.24	2.22	2.24	2.24	2.20	2.13	0.05
Gründüngung	2.26	2.25	2.20	2.27	2.26	2.28	2.22	2.20	0.06
50 dz/ha Stroh	2.22	2.24	2.24	2.25	2.25	2.21	2.25	2.14	0.05
100 dz/ha Stroh	2.27	2.22	2.24	2.49	2.41	2.28	2.27	2.30	0.10
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.28	2.24	2.29	2.27	2.26	2.24	2.23	2.20	0.10
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	2.34	2.22	2.24	2.24	2.23	2.24	2.19	2.20	0.06
Gründüngung	2.25	2.24	2.25	2.21	2.25	2.23	2.17	2.14	0.11
50 dz/ha Stroh	2.25	2.24	2.17	2.27	2.21	2.25	2.21	2.22	0.08
100 dz/ha Stroh	2.26	2.21	2.25	2.29	2.27	2.30	2.19	2.27	0.12
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.28	2.23	2.25	2.30	2.23	2.27	2.31	2.16	0.08
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	2.25	2.18	2.25	2.24	2.27	2.22	2.23	2.11	0.08
Gründüngung	2.25	2.26	2.24	2.24	2.30	1.99	2.23	2.16	0.23
50 dz/ha Stroh	2.28	2.20	2.23	2.27	2.27	2.19	2.23	2.22	0.11
100 dz/ha Stroh	2.30	2.27	2.22	2.26	2.27	2.28	2.27	2.18	0.05
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.31	2.22	2.24	2.27	-	2.24	2.20	2.21	0.06
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	2.21	2.23	2.23	2.28	2.26	2.20	2.19	2.16	0.05
Gründüngung	2.25	2.22	2.28	2.13	2.27	2.32	2.24	2.25	0.14
50 dz/ha Stroh	2.24	2.22	2.24	2.27	2.12	2.25	2.23	2.20	0.23
100 dz/ha Stroh	2.31	2.27	2.25	2.28	2.37	2.27	2.27	2.12	0.13
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.29	2.22	2.29	2.30	2.26	2.27	2.29	2.24	0.04
t-Wert $\bar{x}$	0.06	0.06	0.07	0.09	0.09	0.16	0.09	0.29	

Anhang 23: Extinktionsquotienten des Pyrophosphat-Natronlaugextraktes (EQ 5/6) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.
Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen.

4.2.4.5

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0.05
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 28.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.	BU 49 24.10.
N₀									
Kontrolle	2.27	2.21	2.19	2.21	2.23	2.29	2.28	2.29	2.33
Gründüngung	2.28	2.18	2.21	2.22	2.24	2.24	2.35	2.36	2.30
50 dz/ha Stroh	2.29	2.20	2.20	2.25	2.28	2.27	2.34	2.28	2.34
100 dz/ha Stroh	2.35	2.24	2.24	2.29	2.27	2.30	2.30	2.28	2.42
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.32	2.21	2.23	2.28	2.28	2.29	2.28	2.25	2.35
N₇₅									
Kontrolle	2.28	2.21	2.19	2.30	2.22	2.24	2.36	2.29	2.25
Gründüngung	2.32	2.21	2.21	2.25	2.25	2.30	2.34	2.33	2.30
50 dz/ha Stroh	2.28	2.22	2.21	2.25	2.25	2.27	2.35	2.28	2.35
100 dz/ha Stroh	2.39	2.26	2.26	2.28	2.34	2.29	2.39	2.45	2.38
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.35	2.21	2.22	2.24	2.27	2.31	2.29	2.30	2.36
t-Wert P = 0.05	0.15	0.02	0.02	0.04	0.10	0.08	0.17	0.13	0.13

Anhang 24: Extinktionsquotienten des Pyrophosphat-Natronlaugeextraktes (EQ 6/7) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

4.2.4.5

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	2.85	2.75	2.83	3.15	2.89	2.91	2.89	2.70	0.23
Gründüngung	2.80	2.67	2.82	3.10	3.01	3.00	2.84	2.83	0.29
50 dz/ha Stroh	2.86	2.77	2.81	3.35	2.95	3.03	2.95	2.74	0.16
100 dz/ha Stroh	2.80	2.90	2.94	3.22	3.08	2.83	2.95	2.81	0.21
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.81	2.76	2.89	3.10	3.10	3.02	3.10	2.49	0.28
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	2.83	2.79	2.91	3.28	3.06	2.88	2.97	2.70	0.22
Gründüngung	2.82	2.75	2.83	3.36	3.03	2.94	3.00	2.68	0.30
50 dz/ha Stroh	2.77	2.76	2.90	3.32	2.94	2.90	2.94	2.84	0.15
100 dz/ha Stroh	2.78	2.85	2.88	3.16	3.11	3.04	2.96	2.70	0.28
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.83	2.71	2.78	3.05	2.91	2.98	2.97	2.78	0.32
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	2.84	2.77	2.80	3.09	2.98	2.90	2.83	2.67	0.16
Gründüngung	2.78	2.82	2.85	3.14	3.00	3.00	3.01	2.59	0.24
50 dz/ha Stroh	2.91	2.79	2.83	3.35	2.97	2.97	2.88	2.81	0.21
100 dz/ha Stroh	2.82	2.89	2.92	3.16	3.18	3.00	2.96	2.74	0.14
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.90	2.80	2.75	3.13	2.87	2.92	3.06	2.72	0.22
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	2.78	2.69	2.88	3.10	3.02	3.16	2.99	2.76	0.29
Gründüngung	2.84	2.89	2.78	3.26	3.05	2.94	3.04	2.85	0.31
50 dz/ha Stroh	2.83	2.72	2.81	3.26	2.98	2.89	2.87	2.83	0.16
100 dz/ha Stroh	2.72	2.86	2.76	3.23	2.93	2.97	2.94	2.59	0.28
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.81	2.84	2.79	3.13	2.98	2.96	2.93	2.73	0.22
t-Wert P = 0.05	0.18	0.28	0.17	0.34	0.21	0.28	0.15	0.89	

Anhang 26: Kohlenstoffgehalt der Huminsäurefraktion (mg/g Boden) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			t-Wert P = 0,05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	1.33	1.57	1.33	1.27	1.35	1.31	1.41	1.40	0.46
Gründüngung	1.35	1.49	1.32	1.26	1.40	1.29	1.50	1.56	0.43
50 dz/ha Str.	1.42	1.72	1.29	1.50	1.61	1.45	1.63	1.56	0.35
100 dz/ha Str.	1.55	1.76	1.56	1.61	1.74	1.70	1.93	1.86	0.54
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	1.54	1.76	1.38	1.54	1.62	1.46	1.76	1.75	0.43
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	1.34	1.24	1.28	1.29	1.38	1.24	1.44	1.57	0.56
Gründüngung	1.41	1.65	1.18	1.37	1.38	1.44	1.47	1.52	0.47
50 dz/ha Str.	1.50	1.90	1.39	1.50	1.57	1.50	1.64	1.64	0.35
100 dz/ha Str.	1.57	1.86	1.61	1.68	1.87	1.86	1.95	2.07	0.54
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	1.55	1.85	1.58	1.59	1.58	1.59	1.81	1.80	0.49
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	1.40	1.43	1.27	1.24	1.41	1.23	1.49	1.51	0.34
Gründüngung	1.50	1.30	1.29	1.27	1.42	1.37	1.52	1.52	0.20
50 dz/ha Str.	1.50	1.64	1.43	1.50	1.55	1.49	1.73	1.72	0.33
100 dz/ha Str.	1.83	2.06	1.71	1.56	1.77	1.81	1.92	1.97	0.50
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	1.69	1.83	1.46	1.57	1.58	1.48	1.87	1.82	0.50
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	1.45	1.48	1.26	1.28	1.41	1.33	1.52	1.47	0.44
Gründüngung	1.52	1.50	1.37	1.37	1.40	1.30	1.55	1.61	0.34
50 dz/ha Str.	1.53	1.69	1.68	1.54	1.73	1.64	1.84	1.67	0.49
100 dz/ha Str.	1.79	1.92	1.70	1.61	1.82	1.84	2.06	1.91	0.47
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	1.53	2.10	1.56	1.66	1.61	1.79	1.84	1.79	0.62
t-Wert P = 0,05	0.31	0.74	0.61	0.22	0.26	0.36	0.31	0.20	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausisch-Holzhausen im Institut für
Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage				t-Wert P = 0,05
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.	BU 49 24.10.	
N ₀										
Kontrolle	1.27	1.43	1.62	1.72	1.33	1.19	1.22	1.33	1.27	0.28
Gründüngung	1.43	1.30	1.71	1.75	1.33	1.19	1.19	1.26	1.35	0.38
50 dz/ha Str.	1.54	1.50	1.72	1.72	1.32	1.25	1.23	1.40	1.40	0.23
100 dz/ha Str.	1.70	1.72	2.11	1.96	1.64	1.65	1.43	1.72	1.67	0.31
50 dz/ha Str. + Gründüngung	1.60	1.43	1.90	1.80	1.40	1.36	1.33	1.48	1.50	0.44
N ₇₅										
Kontrolle	1.45	1.47	1.75	1.79	1.43	1.33	1.33	1.28	1.46	0.28
Gründüngung	1.41	1.35	1.89	1.79	1.49	1.25	1.18	1.30	1.36	0.22
50 dz/ha Str.	1.64	1.56	1.83	1.79	1.56	1.36	1.33	1.50	1.46	0.31
100 dz/ha Str.	1.87	1.75	2.24	2.07	1.92	1.59	1.54	1.77	1.79	0.33
50 dz/ha Str. + Gründüngung	1.74	1.67	2.16	1.84	1.72	1.49	1.35	1.58	1.69	0.38
t - Wert P = 0.05	0.17	0.35	0.28	0.63	0.31	0.25	0.09	0.14	0.26	

Anhang 28: Anteil des Kohlenstoffs der Huminsäurefraktion (HSF) in % vom Gesamtkohlenstoffgehalt des Bodens im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung. 4.2.5.1

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			Mittelwert $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	14.8	16.0	14.8	14.5	15.6	13.8	15.6	14.2	14.9
Gründüngung	14.8	14.8	14.5	14.9	15.3	13.5	15.6	15.5	14.8
50 dz/ha Stroh	14.7	17.3	13.7	16.3	17.2	14.2	16.5	15.6	15.6
100 dz/ha Stroh	14.9	17.7	15.3	16.2	17.1	15.2	17.4	16.5	16.2
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	15.6	18.1	14.0	15.5	16.6	13.9	16.5	16.5	15.8
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	14.5	13.0	14.5	14.8	15.7	13.1	15.1	16.1	14.6
Gründüngung	14.8	16.7	12.7	15.00	14.6	14.4	15.1	14.8	14.7
50 dz/ha Stroh	15.0	18.6	13.8	15.7	16.4	14.4	15.8	16.4	15.7
100 dz/ha Stroh	14.4	18.4	16.0	16.0	18.0	16.6	17.4	17.7	16.8
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	15.0	18.4	15.7	16.0	16.2	14.4	16.9	16.5	16.1
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	14.8	14.3	13.7	14.5	16.3	12.5	15.7	14.7	14.6
Gründüngung	15.8	13.4	13.0	14.1	14.6	13.3	15.2	14.5	14.2
50 dz/ha Stroh	15.2	16.9	13.9	15.8	16.2	13.9	17.0	16.6	15.6
100 dz/ha Stroh	16.9	20.4	16.8	16.0	16.7	15.5	16.8	16.4	16.9
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	16.2	18.4	14.2	15.5	15.5	13.5	17.5	16.4	15.9
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	15.0	14.5	13.7	14.4	15.4	13.7	15.9	15.0	14.7
Gründüngung	15.4	14.8	13.7	15.3	14.9	12.6	15.5	16.1	14.7
50 dz/ha Stroh	16.4	17.7	16.9	15.8	17.2	15.4	17.9	15.6	16.6
100 dz/ha Stroh	16.5	19.7	16.0	16.3	17.1	16.0	18.0	16.3	16.9
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	14.9	20.3	14.7	16.6	15.9	16.0	16.9	16.1	16.4
Mittelwert $\bar{x}$	15.2	16.8	14.5	15.4	16.1	14.2	16.4	15.8	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Raulisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage				Mittelwert $\bar{x}$
	BU 41 17. 4.	BU 42 16.5.	BU 43 6. 6.	BU 44 27. 6.	BU 45 18.7.	BU 46 8. 8.	BU 47 29. 8.	BU 48 26. 9.	BU 49 24. 10.	
<u>N₀</u>										
Kontrolle	14.8	14.2	17.5	19.5	13.9	12.8	12.4	14.4	14.0	14.8
Gründüngung	15.4	13.2	17.8	21.1	12.9	13.2	12.8	12.9	14.7	14.8
50 dz/ha Stroh	16.0	14.6	17.3	19.6	12.6	13.4	12.7	14.1	15.8	15.1
100 dz/ha Stroh	16.9	15.2	19.5	20.1	14.8	15.8	13.2	15.5	15.8	16.3
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	16.2	14.1	18.0	19.8	13.2	13.2	13.6	14.0	16.2	15.4
<u>N₇₅</u>										
Kontrolle	16.4	14.5	15.8	19.8	14.9	13.9	13.7	13.3	15.7	15.3
Gründüngung	15.6	13.6	18.9	20.5	14.8	13.5	12.2	13.3	15.5	15.3
50 dz/ha Stroh	17.7	15.0	17.6	19.5	14.7	14.3	13.2	14.0	15.1	15.6
100 dz/ha Stroh	17.3	15.4	19.7	20.5	16.5	14.6	13.7	15.9	16.6	16.6
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	17.1	15.6	19.7	19.2	15.6	14.9	13.0	14.6	17.0	16.3
Mittelwert $\bar{x}$	16.3	14.5	18.1	19.9	14.3	14.0	13.0	14.2	15.6	

Anhang 30 Anteil des Kohlenstoffs der Huminstäurefraktion (HSF) in % vom Kohlenstoffgehalt des Pyrophosphat-Natronlaugextraktes im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			Mittel- werte $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	41.8	48.4	43.3	39.1	42.0	42.0	43.0	47.6	43.4
Gründüngung	41.4	51.9	40.6	40.5	43.4	43.8	46.3	47.4	44.4
50 dz/ha Stroh	41.2	46.5	42.7	40.7	45.6	41.6	46.2	46.5	43.8
100 dz/ha Stroh	44.1	45.7	43.0	43.5	46.5	46.8	46.7	50.0	45.7
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	43.7	45.4	41.7	41.1	43.1	43.6	41.9	47.6	43.5
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	42.0	37.9	38.3	38.8	41.8	39.2	42.3	47.5	40.9
Gründüngung	40.8	50.8	37.5	40.1	41.0	45.0	43.9	48.6	43.4
50 dz/ha Stroh	42.6	50.0	43.6	41.9	42.1	43.3	42.2	49.9	44.4
100 dz/ha Stroh	44.3	46.4	48.3	41.3	48.0	49.2	46.7	52.8	47.1
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	42.4	46.3	46.1	41.4	41.7	43.4	42.1	49.1	44.0
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	41.3	44.3	39.4	38.3	43.1	40.9	47.1	46.9	42.6
Gründüngung	42.1	43.4	43.2	38.1	41.7	41.8	42.0	48.3	42.5
50 dz/ha Stroh	42.7	46.2	43.3	42.4	41.9	43.6	43.4	48.9	44.0
100 dz/ha Stroh	46.4	51.0	44.0	41.7	43.2	45.6	44.6	50.5	45.8
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	46.2	47.5	42.6	39.8	40.2	40.6	44.8	49.6	43.9
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	43.1	45.3	40.3	38.3	41.0	41.2	46.4	46.6	42.7
Gründüngung	43.2	40.6	42.9	38.3	40.6	40.5	41.8	47.8	41.9
50 dz/ha Stroh	42.4	44.1	47.6	41.7	47.1	46.1	47.7	47.9	45.5
100 dz/ha Stroh	46.4	46.9	44.9	41.1	43.3	48.0	44.8	50.2	45.7
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	42.5	52.3	43.7	43.9	43.6	51.6	43.5	49.3	46.3
Mittelwerte $\bar{x}$	43.0	46.5	42.8	40.6	43.0	43.8	44.3	48.6	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				Mittelwerte $\bar{x}$
	BU 41	BU 42	BU 43	BU 44	BU 45	BU 46	BU 47	BU 48	BU 49
	17. 4.	16. 5.	6. 6.	27. 6.	18. 7.	8. 8.	29. 8.	26. 9.	24. 10.
N₀									
Kontrolle	38.0	42.0	54.7	58.5	44.5	34.2	34.2	46.6	41.3
Gründüngung	38.6	38.1	58.6	68.0	39.5	33.8	33.6	44.1	43.8
50 dz/ha Stroh	41.3	42.8	53.4	56.9	38.2	32.9	35.3	46.9	45.2
100 dz/ha Stroh	42.7	44.9	56.1	58.3	43.3	38.6	39.7	47.3	45.6
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	40.1	38.9	53.8	57.6	38.6	37.2	35.7	45.3	48.8
N₇₅									
Kontrolle	40.4	40.7	60.0	60.1	41.3	37.5	37.1	42.3	45.3
Gründüngung	38.1	39.1	61.5	62.2	42.4	37.1	34.1	43.4	42.7
50 dz/ha Stroh	42.3	42.9	53.8	58.1	41.9	39.0	33.1	44.5	44.9
100 dz/ha Stroh	42.5	43.8	54.8	58.0	48.3	40.8	37.0	48.3	48.6
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	40.0	44.3	57.3	55.8	44.2	43.8	32.2	45.8	49.4
Mittelwerte $\bar{x}$	40.4	41.7	56.4	59.3	42.2	37.4	35.2	45.4	45.5

Stickstoffgehalt (mg/g Boden) der Huminsäurefraktion (HSF) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			t-Wert P = 0,05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	0.110	0.138	0.157	0.134	0.120	0.110	0.117	0.121	0.014
Gründüngung	0.124	0.112	0.165	0.137	0.131	0.121	0.130	0.138	0.047
50 dz/ha Str.	0.127	0.162	0.155	0.134	0.149	0.129	0.160	0.145	0.029
100 dz/ha Str.	0.134	0.164	0.187	0.161	0.155	0.148	0.157	0.158	0.027
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.141	0.159	0.233	0.164	0.153	0.139	0.151	0.146	0.032
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	0.117	0.154	0.177	0.135	0.128	0.122	0.125	0.138	0.031
Gründüngung	0.130	0.150	0.202	0.136	0.131	0.122	0.140	0.132	0.056
50 dz/ha Str.	0.140	0.183	0.192	0.144	0.143	0.137	0.149	0.150	0.023
100 dz/ha Str.	0.141	0.178	0.192	0.153	0.147	0.150	0.160	0.168	0.039
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.151	0.174	0.182	0.161	0.145	0.152	0.156	0.164	0.032
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	0.113	0.153	0.159	0.129	0.174	0.133	0.126	0.144	0.051
Gründüngung	0.121	0.137	0.196	0.124	0.138	0.125	0.131	0.142	0.050
50 dz/ha Str.	0.134	0.165	0.214	0.147	0.144	0.139	0.156	0.149	0.096
100 dz/ha Str.	0.159	0.181	0.172	0.145	0.166	0.163	0.153	0.167	0.043
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.150	0.178	0.188	0.145	0.157	0.159	0.163	0.174	0.027
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	0.126	0.162	0.154	0.126	0.135	0.121	0.129	0.131	0.021
Gründüngung	0.138	0.153	0.161	0.137	0.143	0.128	0.144	0.146	0.025
50 dz/ha Str.	0.137	0.186	0.166	0.147	0.155	0.144	0.171	0.146	0.047
100 dz/ha Str.	0.154	0.185	0.200	0.161	0.167	0.154	0.169	0.178	0.031
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.133	0.186	0.215	0.160	0.167	0.154	0.168	0.157	0.028
t - Wert P = 0.05	0.030	0.037	0.078	0.022	0.042	0.022	0.020	0.011	

Anhang 33: Stickstoffgehalt der Huminsäurefraktion (mg/g Boden) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

4.2.5.2

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert p = 0.05	
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.		BU 49 24.10.
<u>N₀</u>										
Kontrolle	0.133	0.134	0.140	0.138	0.121	0.126	0.135	0.125	0.122	0.019
Gründüngung	0.148	0.145	0.147	0.125	0.116	0.125	0.137	0.165	0.131	0.015
50 dz/ha Str.	0.153	0.157	0.149	0.138	0.123	0.142	0.139	0.143	0.133	0.014
100 dz/ha Str.	0.178	0.144	0.180	0.159	0.157	0.173	0.157	0.143	0.159	0.035
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.187	0.141	0.175	0.154	0.133	0.130	0.179	0.132	0.144	0.033
<u>N₇₅</u>										
Kontrolle	0.153	0.138	0.146	0.135	0.125	0.136	0.147	0.135	0.133	0.026
Gründüngung	0.158	0.150	0.156	0.148	0.143	0.140	0.144	0.119	0.129	0.012
50 dz/ha Str.	0.167	0.154	0.181	0.144	0.139	0.147	0.147	0.146	0.150	0.014
100dz/ha Str.	0.201	0.156	0.194	0.164	0.173	0.164	0.172	0.167	0.165	0.034
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.186	0.166	0.215	0.151	0.169	0.143	0.170	0.167	0.156	0.027
t-Wert p = 0.05	0.019	0.038	0.027	0.011	0.013	0.013	0.008	0.015	0.012	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			Mittelwert $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	12.01	11.38	8.51	9.50	11.28	11.92	12.06	11.61	11.03
Gründüngung	10.94	13.32	8.00	9.17	10.69	10.69	11.52	11.30	10.70
50 dz/ha Stroh	11.16	10.62	8.34	11.17	10.78	11.24	10.15	10.77	10.52
100 dz/ha Stroh	11.57	10.71	8.38	9.97	11.19	11.47	12.29	11.77	10.91
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	10.90	11.05	5.93	9.38	10.59	10.46	11.67	11.97	10.24
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	11.50	8.07	7.24	9.54	10.83	10.19	11.52	11.38	10.03
Gründüngung	10.48	10.94	5.88	10.03	10.55	11.80	10.47	11.50	10.20
50 dz/ha Stroh	10.66	10.38	7.26	10.39	10.98	10.69	11.01	10.92	10.28
100 dz/ha Stroh	11.14	10.46	8.39	10.97	12.73	12.38	12.14	12.28	11.31
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	10.27	11.63	8.66	9.88	10.89	10.42	11.62	10.98	10.54
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	12.33	9.31	7.97	9.60	8.13	9.29	11.86	10.46	9.86
Gründüngung	12.32	9.46	6.58	10.24	10.32	10.96	11.66	10.65	10.27
50 dz/ha Stroh	11.20	9.92	6.70	10.19	10.77	10.67	11.08	11.56	10.26
100 dz/ha Stroh	11.55	11.39	9.93	10.75	10.62	11.08	12.55	11.82	11.21
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	11.27	10.29	7.77	10.78	10.10	9.34	11.48	10.46	10.18
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	11.47	9.12	8.19	10.16	10.40	10.97	11.84	11.21	10.42
Gründüngung	10.98	9.82	8.51	9.95	9.77	10.17	10.73	11.02	10.11
50 dz/ha Stroh	11.20	9.10	10.13	10.47	11.12	11.43	10.79	11.44	10.71
100 dz/ha Stroh	11.62	10.41	8.49	9.99	10.88	11.90	12.21	10.72	10.77
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	11.50	11.28	7.26	10.32	9.67	11.61	10.98	11.36	10.49
Mittelwert $\bar{x}$	11.30	11.43	7.90	10.12	10.61	10.93	11.38	11.25	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Raulisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				Mittelwert $\bar{x}$
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.	BU 49 24.10.
N₀									
Kontrolle	9.57	10.74	11.58	12.44	11.03	9.47	9.03	10.61	10.37
Gründüngung	9.63	8.97	11.61	13.96	11.40	9.52	8.71	7.66	10.33
50 dz/ha Stroh	10.07	9.55	11.51	12.49	10.70	8.79	8.82	9.78	10.57
100 dz/ha Stroh	9.55	12.00	11.74	12.29	10.47	9.53	9.10	12.05	10.48
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	8.55	10.12	10.84	11.64	10.46	10.43	7.47	11.19	10.43
N₇₅									
Kontrolle	9.45	10.71	11.98	13.25	11.37	9.74	9.04	9.47	10.92
Gründüngung	9.94	8.96	12.09	12.05	10.41	8.90	8.21	10.91	10.59
50 dz/ha Stroh	9.78	10.14	10.12	12.39	11.20	9.23	9.06	10.31	9.76
100 dz/ha Stroh	9.30	11.26	11.55	12.63	11.11	9.72	8.92	10.62	10.80
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	9.39	10.04	10.07	12.13	10.15	10.45	7.93	9.45	10.85
Mittelwert $\bar{x}$	9.52	10.24	11.30	12.52	10.83	9.57	8.62	10.20	10.51

Anhang 36: Extinktion (E/l g Boden 10 ml, 500 nm) der Huminsäurefraktion (HSF) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	0.762	0.940	0.790	0.828	0.823	0.763	0.829	0.837	0.115
Gründüngung	0.800	0.899	0.806	0.816	0.842	0.771	0.866	0.867	0.141
50 dz/ha Str.	0.826	0.993	0.842	0.888	0.910	0.849	0.916	0.936	0.136
100 dz/ha Str.	0.826	0.977	0.891	0.945	0.912	0.898	0.984	0.953	0.177
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.863	0.910	0.863	0.898	0.923	0.863	0.926	0.943	0.129
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	0.805	0.946	0.816	0.814	0.833	0.788	0.851	0.842	0.171
Gründüngung	0.853	0.936	0.801	0.838	0.841	0.812	0.885	0.877	0.133
50 dz/ha Str.	0.869	1.066	0.874	0.902	0.892	0.856	0.952	0.916	0.119
100 dz/ha Str.	0.842	0.996	0.915	0.934	1.013	0.966	1.013	0.986	0.186
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.881	0.908	0.891	0.897	0.876	0.849	0.942	0.938	0.215
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	0.790	0.951	0.825	0.803	0.849	0.821	0.898	0.897	0.139
Gründüngung	0.874	0.901	0.826	0.820	0.884	0.825	0.906	0.872	0.142
50 dz/ha Str.	0.859	0.990	0.894	0.885	0.901	0.869	0.949	0.911	0.157
100 dz/ha Str.	0.955	1.010	0.932	0.935	0.954	0.958	0.980	1.025	0.199
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.922	0.971	0.901	0.908	0.877	0.895	0.973	0.940	0.152
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	0.869	0.967	0.821	0.843	0.855	0.823	0.919	0.895	0.173
Gründüngung	0.860	0.976	0.874	0.873	0.880	0.833	0.923	0.913	0.140
50 dz/ha Str.	0.888	1.009	0.884	0.923	0.964	0.931	0.979	0.943	0.156
100 dz/ha Str.	0.944	1.010	0.909	0.923	0.999	0.962	1.018	0.985	0.200
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.855	1.009	0.917	0.912	0.922	0.924	0.999	0.954	0.158
t-Wert	0.217	0.141	0.183	0.037	0.109	0.074	0.198	0.123	

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0.05	
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.		BU 49 24.10.
N ₀										
Kontrolle	0.739	0.877	0.878	0.886	0.847	0.815	0.812	0.849	0.871	0.091
Gründüngung	0.831	0.871	0.869	0.843	0.861	0.791	0.828	0.864	0.881	0.085
50 dz/ha Str.	0.901	0.869	0.915	0.900	0.910	0.871	0.834	0.923	0.887	0.069
100 dz/ha Str.	0.945	0.962	1.004	0.950	0.961	0.923	0.882	0.995	0.958	0.089
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.891	0.944	0.998	0.897	0.897	0.842	0.826	0.945	0.926	0.095
N ₇₅										
Kontrolle	0.859	0.896	0.916	0.893	0.876	0.849	0.830	0.891	0.960	0.086
Gründüngung	0.851	0.891	0.904	0.889	0.933	0.808	0.814	0.882	0.904	0.059
50 dz/ha Str.	0.938	0.929	0.947	0.918	0.945	0.854	0.846	0.931	0.918	0.078
100 dz/ha Str.	0.991	0.988	1.040	1.003	1.053	0.931	0.939	1.024	1.011	0.080
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.971	0.978	1.021	0.956	1.002	0.884	0.859	0.987	0.971	0.082
t - Wert										
P = 0,05	0.106	0.060	0.101	0.068	0.072	0.052	0.042	0.098	0.101	

Anhang 38: Spezifische Extinktion ($E = 500 \text{ nm}$) der Huminstäurefraktion im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung. 4.2.5.4

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage				Mittelwert $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.		
<u>N₀</u>										
Kontrolle	0.573	0.595	0.591	0.649	0.605	0.578	0.585	0.594	0.596	
Gründüngung	0.588	0.600	0.607	0.645	0.599	0.594	0.575	0.553	0.595	
50 dz/ha Stroh	0.580	0.575	0.651	0.591	0.563	0.585	0.560	0.597	0.587	
100 dz/ha Stroh	0.530	0.553	0.568	0.586	0.523	0.527	0.508	0.512	0.538	
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.560	0.515	0.622	0.581	0.569	0.589	0.523	0.536	0.561	
<u>N₂₀</u>										
Kontrolle	0.597	-	0.636	0.627	0.600	0.631	0.589	0.535	0.602	
Gründüngung	0.604	0.567	0.674	0.611	0.608	0.560	0.601	0.574	0.599	
50 dz/ha Stroh	0.579	0.560	0.625	0.599	0.566	0.567	0.578	0.557	0.578	
100 dz/ha Stroh	0.534	0.533	0.568	0.555	0.541	0.517	0.518	0.476	0.530	
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.565	0.489	0.562	0.560	0.552	0.539	0.519	0.520	0.538	
<u>N₄₀</u>										
Kontrolle	0.567	0.664	0.649	0.647	0.599	0.664	0.600	0.593	0.622	
Gründüngung	0.583	0.691	0.638	0.646	0.618	0.600	0.593	0.572	0.617	
50 dz/ha Stroh	0.571	0.602	0.622	0.590	0.580	0.582	0.546	0.528	0.577	
100 dz/ha Stroh	0.519	0.488	0.545	0.597	0.537	0.528	0.509	0.518	0.530	
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.544	0.528	0.613	0.577	0.553	0.602	0.519	0.515	0.556	
<u>N₆₀</u>										
Kontrolle	0.598	0.651	0.648	0.655	0.605	0.616	0.600	0.604	0.622	
Gründüngung	0.564	0.647	0.635	0.636	0.626	0.636	0.595	0.566	0.613	
50 dz/ha Stroh	0.579	0.595	0.525	0.597	0.556	0.564	0.530	0.562	0.563	
100 dz/ha Stroh	0.527	0.523	0.533	0.570	0.547	0.522	0.493	0.513	0.528	
50 dz/ha Stroh +	0.557	0.479	0.584	0.549	0.570	0.514	0.541	0.532	0.540	
Mittelwert $\bar{x}$	0.565	0.571	0.604	0.603	0.575	0.575	0.554	0.547		

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.	BU 49 24.10.
<u>N₀</u>									
Kontrolle	0.578	0.609	0.539	0.514	0.633	0.680	0.661	0.638	0.685
Gründüngung	0.581	0.668	0.506	0.480	0.647	0.659	0.690	0.683	0.648
50 dz/ha Stroh	0.581	0.577	0.531	0.520	0.687	0.693	0.676	0.659	0.630
100 dz/ha Stroh	0.555	0.556	0.474	0.483	0.583	0.559	0.614	0.576	0.573
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.556	0.657	0.523	0.498	0.640	0.618	0.617	0.635	0.614
<u>N₇₅</u>									
Kontrolle	0.591	0.605	0.521	0.496	0.612	0.637	0.622	0.692	0.657
Gründüngung	0.601	0.659	0.478	0.496	0.624	0.645	0.685	0.678	0.660
50 dz/ha Stroh	0.572	0.594	0.515	0.512	0.605	0.627	0.632	0.617	0.625
100 dz/ha Stroh	0.529	0.561	0.463	0.483	0.547	0.582	0.609	0.575	0.564
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.555	0.584	0.471	0.519	0.581	0.591	0.633	0.623	0.573
Mittelwert $\bar{x}$	0.570	0.598	0.502	0.500	0.615	0.605	0.643	0.637	0.622

Anhang 40: Extinktionsquotienten der Huminsäurefraktion (EQ 4/5) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	2.47	2.50	2.55	2.50	2.52	2.45	2.51	2.57	0.06
Gründüngung	2.48	2.55	2.54	2.47	2.51	2.66	2.55	2.55	0.14
50 dz/ha Stroh	2.53	2.58	2.64	2.52	2.60	2.57	2.63	2.56	0.16
100 dz/ha Stroh	2.63	2.71	2.72	2.66	2.73	2.72	2.64	2.75	0.22
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.55	2.72	2.62	2.63	2.70	2.52	2.69	2.67	0.16
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	2.47	2.52	2.59	2.50	2.58	2.49	2.54	2.57	0.07
Gründüngung	2.46	2.57	2.55	2.45	2.52	2.55	2.50	2.55	0.08
50 dz/ha Stroh	2.56	2.70	2.63	2.57	2.45	2.62	2.65	2.64	0.12
100 dz/ha Stroh	2.66	2.82	2.77	2.69	2.71	2.71	2.74	2.89	0.21
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	2.61	2.75	2.84	2.62	2.65	2.65	2.79	2.71	0.17
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	2.46	2.53	2.50	2.50	2.48	2.52	2.49	2.61	0.13
Gründüngung	2.46	2.52	2.62	2.46	2.46	2.56	2.49	2.55	0.14
50 dz/ha Stroh	2.37	2.66	2.63	2.60	2.61	2.65	2.62	2.67	0.22
100 dz/ha Stroh	2.68	2.94	2.79	2.60	2.77	2.84	2.84	2.79	0.16
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	2.60	2.75	2.67	2.64	2.68	2.71	2.66	2.73	0.12
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	2.47	2.52	2.59	2.45	2.51	2.54	2.28	2.49	0.27
Gründüngung	2.48	2.56	2.62	2.45	2.57	2.58	2.52	2.57	0.11
50 dz/ha Stroh	2.60	2.71	2.64	2.59	2.62	2.64	2.69	2.68	0.10
100 dz/ha Stroh	2.67	2.75	2.78	2.69	2.78	2.75	2.82	2.84	0.20
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	2.61	2.73	2.76	2.63	2.65	2.71	2.71	2.68	0.11
t-Wert P = 0.05	0.13	0.16	0.13	0.09	0.18	0.14	0.20	0.06	

Anhang 42: 4.2.5.5
Extinktionsquotienten der Huminsäurefraktion (EQ 5/6) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			t-Wert P =0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	2.04	2.01	2.08	2.01	2.06	2.16	2.07	2.09	0.07
Gründüngung	2.06	2.02	2.08	2.01	2.04	2.06	2.02	2.13	0.04
50 dz/ha Stroh	2.06	2.05	2.05	2.01	2.04	2.07	2.12	2.10	0.05
100 dz/ha Stroh	2.08	2.08	2.09	2.05	2.07	2.12	2.14	2.15	0.06
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	2.08	2.08	2.04	2.02	2.06	2.10	2.06	2.16	0.09
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	2.05	2.07	2.08	2.05	2.07	2.08	2.06	2.11	0.04
Gründüngung	2.05	2.06	2.06	2.03	2.06	2.08	2.08	2.10	0.06
50 dz/ha Stroh	2.06	2.06	2.07	2.03	2.04	2.09	2.03	2.09	0.06
100 dz/ha Stroh	2.10	2.08	2.10	2.06	2.06	2.12	2.10	2.14	0.07
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	2.10	2.03	2.06	2.07	2.03	2.07	2.12	2.15	0.10
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	2.05	2.03	2.05	2.03	2.01	2.08	2.08	2.14	0.06
Gründüngung	2.05	2.05	2.04	2.00	2.08	2.08	2.08	2.11	0.04
50 dz/ha Stroh	2.07	2.08	2.07	2.02	2.05	2.10	2.03	2.11	0.05
100 dz/ha Stroh	2.12	2.11	2.09	2.06	2.09	2.13	2.11	2.16	0.07
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	2.10	2.11	2.07	2.05	2.16	2.10	2.08	2.14	0.09
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	2.04	2.07	2.08	2.03	2.06	2.03	2.06	2.08	0.06
Gründüngung	2.07	2.10	2.08	2.03	2.02	2.07	2.11	2.14	0.03
50 dz/ha Stroh	2.08	2.04	2.12	2.04	2.05	2.05	2.08	2.13	0.08
100 dz/ha Stroh	2.10	2.20	2.11	2.05	2.06	2.09	2.14	2.16	0.08
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.10	2.13	2.09	2.04	2.06	2.08	1.99	2.15	0.15
t-Wert P = 0.05	0.04	0.11	0.08	0.05	0.09	0.07	0.09	0.06	

Anhang 44: Extinktionsquotienten der Huminsäurefraktion (EQ 6/7) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	2.54	2.64	2.67	2.86	2.78	2.60	2.75	2.76	0.23
Gründüngung	2.56	2.57	2.74	2.83	2.78	2.74	2.79	2.82	0.21
50 dz/ha Stroh	2.51	2.69	2.62	2.80	2.84	2.88	2.77	2.81	0.17
100 dz/ha Stroh	2.63	2.76	2.72	2.80	2.76	2.26	2.91	2.90	0.62
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	2.59	2.70	2.48	2.78	2.96	2.81	2.83	2.81	0.39
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	2.54	2.75	2.79	2.87	2.81	2.73	2.74	2.88	0.16
Gründüngung	2.55	2.77	2.73	2.86	2.77	2.82	2.79	2.84	0.20
50 dz/ha Stroh	2.55	2.71	2.71	2.87	2.76	2.80	2.81	2.79	0.14
100 dz/ha Stroh	2.57	2.58	2.77	2.85	2.66	2.27	2.80	2.77	0.38
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	2.62	2.58	2.74	2.81	2.67	2.75	2.86	2.92	0.26
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	2.57	2.81	2.72	2.79	2.85	2.69	2.80	2.84	0.26
Gründüngung	2.58	2.67	2.62	2.82	2.74	2.79	2.79	2.80	0.13
50 dz/ha Stroh	2.61	2.63	2.74	2.85	2.76	2.76	2.78	2.84	0.16
100 dz/ha Stroh	2.59	2.76	2.67	2.82	2.80	2.82	2.82	2.81	0.16
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	2.66	2.73	2.77	2.70	2.82	3.24	2.72	2.80	0.28
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	2.54	2.71	2.73	2.81	2.86	2.86	2.78	2.99	0.13
Gründüngung	2.57	2.73	2.70	2.79	2.76	2.88	2.82	2.80	0.18
50 dz/ha Stroh	2.58	2.70	2.69	2.79	2.77	2.55	2.68	2.80	0.31
100 dz/ha Stroh	2.64	2.76	2.76	2.81	2.85	2.91	2.80	2.81	0.23
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.57	2.76	2.73	2.84	2.73	2.66	2.79	2.80	0.31
t-Wert P = 0.05	0.13	0.18	0.30	0.28	0.22	0.45	0.15	0.26	

Kohlenstoffgehalt des Natronlaugeextraktes (mg/g Boden) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	2.22	1.64	2.03	2.21	1.99	2.13	1.80	2.03	0.34
Gründüngung	2.26	2.16	2.29	2.27	1.84	2.30	1.93	2.14	0.96
50 dz/ha Str.	2.61	2.19	2.36	2.60	2.21	2.57	2.19	2.36	0.56
100 dz/ha Str.	2.57	2.33	2.58	2.71	2.43	3.10	2.44	2.58	0.47
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	2.66	2.29	2.10	2.71	2.30	2.94	2.25	2.30	0.34
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	2.22	2.12	1.80	2.19	1.80	2.41	2.01	2.15	0.33
Gründüngung	2.38	2.13	2.10	2.39	1.95	2.36	1.96	1.99	0.39
50 dz/ha Str.	2.64	2.19	2.33	2.75	2.24	2.73	2.52	2.25	0.25
100 dz/ha Str.	2.83	2.78	2.45	2.96	2.47	3.23	2.38	2.71	0.42
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	2.71	2.36	2.45	2.80	2.37	3.03	2.43	2.45	0.37
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	2.35	2.09	2.28	2.20	1.83	2.35	1.92	2.18	0.46
Gründüngung	2.40	2.24	2.10	2.29	1.92	2.43	2.04	2.17	0.57
50 dz/ha Str.	2.76	2.26	2.33	2.58	2.28	2.93	2.33	2.60	0.29
100 dz/ha Str.	2.86	2.88	2.66	2.68	2.59	3.23	2.78	2.76	0.39
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	2.78	2.53	2.29	2.77	2.31	2.96	2.37	2.65	0.42
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	2.40	2.56	2.14	2.25	1.88	2.30	1.90	2.06	0.89
Gründüngung	2.54	2.07	2.08	2.35	1.98	2.54	2.01	2.12	0.49
50 dz/ha Str.	2.71	2.62	2.44	2.58	2.50	2.89	2.38	2.58	0.61
100 dz/ha Str.	2.91	2.63	2.37	2.77	2.45	2.96	2.71	2.61	0.48
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	2.63	2.16	2.48	2.85	2.32	2.98	2.48	2.63	0.40
t-Wert P = 0.05	0.20	0.88	0.38	0.34	0.69	0.19	0.34	0.21	

Anhang 47: Anteil des Kohlenstoffs im Natronlaugextrakt in % vom Gesamtkohlenstoffgehalt des Bodens im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Ravisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation						Herbstanlage		Mittelwert $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	24.8	-	22.7	25.1	22.9	22.4	19.9	20.6	20.6
Gründüngung	24.8	21.3	25.1	26.9	20.2	23.9	20.1	21.2	22.9
50 dz/ha Stroh	27.1	22.0	25.1	28.3	23.6	25.3	22.2	23.6	24.6
100 dz/ha Stroh	24.6	23.4	25.3	27.5	23.9	27.8	21.9	23.0	24.6
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	27.0	23.4	21.2	27.4	23.6	28.1	21.1	21.7	24.1
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	24.0	22.3	20.5	25.1	20.3	25.2	21.0	22.1	22.5
Gründüngung	24.9	21.7	22.5	26.2	20.7	23.6	20.2	19.7	22.4
50 dz/ha Stroh	26.4	21.4	23.0	28.8	23.5	26.2	24.2	22.5	24.5
100 dz/ha Stroh	26.0	27.4	24.4	28.2	23.8	28.9	21.3	23.3	25.4
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	26.1	23.4	24.3	28.1	24.3	27.5	22.7	22.5	24.8
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	24.8	20.9	24.6	25.7	21.0	23.9	20.2	21.2	22.7
Gründüngung	25.4	23.1	21.2	25.9	19.6	23.7	20.4	20.7	22.5
50 dz/ha Stroh	27.9	23.3	22.6	27.3	23.8	27.3	22.9	25.1	25.0
100 dz/ha Stroh	26.4	28.4	26.1	27.5	24.5	27.7	24.4	23.0	26.0
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	26.7	25.5	22.1	27.3	22.6	27.0	22.1	23.9	24.6
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	25.0	25.1	23.2	25.3	20.6	23.7	19.8	20.9	22.9
Gründüngung	25.9	20.3	20.8	26.3	21.0	24.6	20.1	21.2	22.5
50 dz/ha Stroh	29.0	27.5	24.6	26.6	24.9	27.1	23.1	24.1	25.8
100 dz/ha Stroh	26.9	26.9	22.3	28.0	23.0	25.8	23.7	22.2	24.8
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	25.5	20.8	23.3	28.6	22.9	26.6	22.8	23.7	24.2
Mittelwert $\bar{x}$	25.9	23.5	23.2	27.1	22.5	25.8	21.7	22.3	

Stickstoffgehalt des Natronlaugextraktes (mg/g Boden) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			†-Wert P = 0,05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	0.278	0.273	0.289	0.272	0.315	0.312	0.258	0.281	0.052
Gründüngung	0.311	0.236	0.328	0.324	0.322	0.337	0.277	0.311	0.035
50 dz/ha Str.	0.322	0.284	0.310	0.325	0.359	0.316	0.306	0.325	0.079
100 dz/ha Str.	0.305	0.330	0.365	0.330	0.366	0.348	0.321	0.367	0.050
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.343	0.326	0.311	0.317	0.375	0.365	0.332	0.344	0.037
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	0.302	0.259	0.304	0.290	0.305	0.285	0.291	0.305	0.045
Gründüngung	0.319	0.263	0.328	0.365	0.341	0.331	0.295	0.323	0.040
50 dz/ha Str.	0.352	0.317	0.345	0.318	0.369	0.340	0.334	0.379	0.036
100 dz/ha Str.	0.314	0.329	0.346	0.354	0.360	0.374	0.323	0.377	0.052
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.347	0.341	0.335	0.322	0.369	0.353	0.347	0.349	0.036
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	0.304	0.275	0.303	0.295	0.326	0.315	0.289	0.323	0.064
Gründüngung	0.310	0.294	0.332	0.303	0.335	0.305	0.291	0.357	0.048
50 dz/ha Str.	0.355	0.318	0.334	0.379	0.366	0.381	0.312	0.351	0.020
100 dz/ha Str.	0.365	0.330	0.316	0.332	0.382	0.391	0.355	0.361	0.039
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.337	0.329	0.341	0.377	0.371	0.380	0.327	0.381	0.039
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	0.298	0.282	0.311	0.284	0.296	0.312	0.305	0.312	0.047
Gründüngung	0.329	0.280	0.326	0.354	0.332	0.327	0.303	0.327	0.046
50 dz/ha Str.	0.340	0.297	0.340	0.321	0.364	0.348	0.319	0.348	0.028
100 dz/ha Str.	0.348	0.331	0.353	0.389	0.409	0.362	0.368	0.376	0.049
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.346	0.312	0.351	0.407	0.376	0.370	0.351	0.339	0.045
† - Wert P = 0,05	0.057	0.034	0.077	0.013	0.022	0.048	0.016	0.028	

Das C/N-Verhältnis des Natronlaugeextraktes im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			Mittelwert $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	7.97	6.01	7.04	8.12	6.32	6.83	6.96	7.23	7.07
Gründüngung	7.29	9.13	6.98	7.01	5.72	6.83	6.98	6.89	7.10
50 dz/ha Stroh	8.11	7.70	7.63	7.99	6.15	8.12	7.17	7.26	7.51
100 dz/ha Stroh	8.43	7.07	7.07	8.22	6.63	8.90	7.59	7.02	7.61
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	7.76	7.01	6.75	8.56	6.15	8.04	6.79	6.70	7.22
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	7.35	8.19	5.93	7.57	5.89	8.45	6.89	7.06	7.16
Gründüngung	7.47	8.11	6.40	6.56	5.72	7.12	6.64	6.18	6.77
50 dz/ha Stroh	7.49	6.90	6.76	8.63	6.09	8.02	7.56	5.93	7.17
100 dz/ha Stroh	9.00	8.45	7.08	8.36	6.87	8.62	7.38	7.20	7.87
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	7.81	6.92	7.31	8.71	6.43	8.59	6.98	7.02	7.47
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	7.72	7.59	7.50	7.44	5.60	7.46	6.56	6.75	7.05
Gründüngung	7.77	7.63	6.32	7.57	5.74	7.96	7.02	6.07	7.01
50 dz/ha Stroh	7.77	7.11	6.98	6.82	6.22	7.67	7.46	7.42	7.18
100 dz/ha Stroh	7.84	8.73	8.42	8.07	6.78	8.24	7.81	7.66	7.94
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	8.25	7.68	6.70	7.33	6.23	7.79	7.24	6.94	7.27
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	8.08	9.08	6.90	7.94	6.35	7.37	6.24	6.61	7.32
Gründüngung	7.74	7.38	6.38	6.64	5.95	7.77	6.63	6.49	6.87
50 dz/ha Stroh	7.97	8.81	7.17	8.06	6.87	8.31	7.46	7.40	7.75
100 dz/ha Stroh	8.34	7.94	6.73	7.11	5.99	8.18	7.35	6.94	7.32
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	7.59	6.90	7.08	7.00	6.16	8.06	7.06	7.77	7.20
Mittelwert $\bar{x}$	7.88	7.71	6.95	7.68	6.19	7.91	7.05	6.92	

Extinktion (E/1 g Boden 10 ml, 500 nm) des Natronlaugeextraktes im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	0.358	0.286	0.317	0.322	0.340	0.324	0.306	0.357	0.055
Gründüngung	0.377	0.299	0.327	0.310	0.342	0.330	0.323	0.380	0.064
50 dz/ha Str.	0.431	0.387	0.388	0.386	0.437	0.419	0.400	0.451	0.106
100 dz/ha Str.	0.466	0.449	0.421	0.416	0.469	0.457	0.473	0.475	0.095
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.463	0.421	0.395	0.405	0.440	0.430	0.417	0.463	0.075
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	0.367	0.304	0.328	0.334	0.348	0.324	0.324	0.389	0.076
Gründüngung	0.395	0.300	0.316	0.344	0.368	0.348	0.312	0.337	0.069
50 dz/ha Str.	0.457	0.399	0.386	0.402	0.423	0.418	0.436	0.450	0.070
100 dz/ha Str.	0.491	0.461	0.440	0.445	0.479	0.473	0.463	0.546	0.091
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.460	0.439	0.405	0.417	0.436	0.434	0.432	0.516	0.054
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	0.372	0.299	0.353	0.308	0.338	0.344	0.319	0.375	0.090
Gründüngung	0.377	0.250	0.326	0.298	0.362	0.325	0.309	0.494	0.071
50 dz/ha Str.	0.467	0.407	0.408	0.392	0.444	0.428	0.417	0.436	0.084
100 dz/ha Str.	0.518	0.465	0.455	0.378	0.484	0.489	0.478	0.514	0.089
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.484	0.420	0.410	0.421	0.441	0.442	0.432	0.448	0.088
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	0.388	0.298	0.322	0.317	0.351	0.336	0.326	0.357	0.080
Gründüngung	0.379	0.323	0.340	0.313	0.378	0.351	0.309	0.368	0.057
50 dz/ha Str.	0.467	0.396	0.397	0.409	0.440	0.436	0.426	0.472	0.079
100 dz/ha Str.	0.520	0.444	0.424	0.407	0.484	0.445	0.477	0.507	0.084
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.452	0.421	0.430	0.425	0.488	0.423	0.431	0.497	0.087
t-Wert P = 0.05	0.118	0.099	0.059	0.035	0.027	0.066	0.075	0.063	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			Mittelwert $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	0.161	0.174	0.155	0.145	0.171	0.152	0.169	0.175	0.162
Gründüngung	0.166	0.138	0.142	0.136	0.185	0.143	0.166	0.177	0.156
50 dz/ha Stroh	0.164	0.176	0.164	0.148	0.198	0.163	0.182	0.190	0.173
100 dz/ha Stroh	0.181	0.192	0.162	0.153	0.192	0.147	0.193	0.183	0.175
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.173	0.183	0.187	0.148	0.190	0.146	0.185	0.200	0.176
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	0.165	0.143	0.181	0.151	0.193	0.134	0.161	0.180	0.163
Gründüngung	0.165	0.140	0.150	0.143	0.188	0.147	0.158	0.169	0.157
50 dz/ha Stroh	0.173	0.182	0.165	0.146	0.188	0.153	0.172	0.200	0.172
100 dz/ha Stroh	0.173	0.165	0.179	0.150	0.193	0.146	0.194	0.201	0.175
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.169	0.185	0.165	0.148	0.183	0.143	0.178	0.210	0.172
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	0.158	0.142	0.155	0.140	0.184	0.146	0.165	0.172	0.157
Gründüngung	0.156	0.111	0.155	0.129	0.188	0.133	0.151	0.227	0.156
50 dz/ha Stroh	0.169	0.179	0.174	0.151	0.194	0.146	0.178	0.167	0.169
100 dz/ha Stroh	0.180	0.161	0.170	0.141	0.186	0.151	0.172	0.186	0.168
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.174	0.166	0.179	0.152	0.190	0.149	0.182	0.169	0.170
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	0.161	0.116	0.149	0.140	0.186	0.145	0.171	0.172	0.155
Gründüngung	0.148	0.155	0.163	0.132	0.190	0.137	0.153	0.173	0.156
50 dz/ha Stroh	0.172	0.151	0.162	0.158	0.175	0.150	0.178	0.183	0.166
100 dz/ha Stroh	0.178	0.169	0.178	0.146	0.197	0.150	0.176	0.194	0.173
50 dz/ha Stroh +	0.171	0.195	0.172	0.149	0.210	0.141	0.173	0.188	0.174
Mittelwert $\bar{x}$	0.167	0.161	0.165	0.145	0.189	0.146	0.172	0.188	

4.2.6

4.2.6

Extinktionsquotienten des Natronlaugeextraktes (EQ 5/6) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	2.91	2.94	2.92	2.92	2.86	2.90	2.85	2.96	0.37
Gründüngung	2.64	3.18	2.95	3.03	2.85	2.93	2.89	2.84	0.23
50 dz/ha Stroh	2.77	2.79	2.86	2.96	2.75	2.83	2.77	2.99	0.24
100 dz/ha Stroh	2.86	2.71	2.82	2.93	2.77	2.77	2.76	2.91	0.28
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	2.91	2.75	2.81	2.90	2.75	2.81	2.80	2.84	0.33
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	2.93	2.53	2.96	2.97	2.86	2.86	2.90	2.84	0.54
Gründüngung	2.79	3.06	3.00	2.91	2.84	2.90	2.98	2.83	0.23
50 dz/ha Stroh	2.81	2.79	2.88	2.96	2.75	2.79	2.76	2.82	0.30
100 dz/ha Stroh	2.85	2.81	2.82	3.05	2.77	2.77	2.81	2.76	0.40
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	2.90	2.51	2.78	2.94	2.82	2.81	2.79	2.76	0.29
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	2.86	2.93	3.01	2.90	2.88	2.96	2.89	2.93	0.27
Gründüngung	3.10	2.47	2.93	2.90	2.91	2.99	2.91	3.61	0.56
50 dz/ha Stroh	3.04	2.72	2.87	2.99	2.69	2.84	2.79	2.87	0.27
100 dz/ha Stroh	2.82	2.81	2.82	3.05	2.17	2.79	2.78	2.91	0.32
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	2.92	2.78	2.47	2.90	2.79	2.92	2.73	2.90	0.45
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	2.94	3.00	2.98	2.84	2.84	2.95	2.87	2.90	0.12
Gründüngung	2.95	2.90	2.97	3.10	2.93	2.97	2.94	3.00	0.22
50 dz/ha Stroh	2.88	2.77	2.88	2.97	2.79	2.83	2.71	2.84	0.23
100 dz/ha Stroh	2.85	2.90	2.87	3.03	2.80	2.88	2.81	2.82	0.32
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	3.02	2.74	2.63	2.89	2.85	2.84	2.84	2.78	0.26
t-Wert P = 0.05	0.45	0.45	0.23	0.53	0.15	0.14	0.08	0.50	

Kohlenstoffgehalt (mg/g Boden) der Fulvsaurefraktion (FSF) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				Mittelwert $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	1.85	1.67	1.74	1.97	1.87	1.81	1.87	1.54	1.79
Gründüngung	1.91	1.38	1.94	1.85	1.83	1.66	1.74	1.73	1.75
50 dz/ha Stroh	2.02	1.97	1.73	2.18	1.92	2.03	1.90	1.80	1.94
100 dz/ha Stroh	1.97	2.09	2.07	2.08	2.00	1.93	2.20	1.86	2.02
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	1.97	2.11	1.93	2.21	2.13	1.89	2.44	1.92	2.07
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	1.85	2.03	2.06	2.04	1.97	1.93	1.96	1.73	1.94
Gründüngung	2.04	1.59	1.97	2.03	1.98	1.76	1.87	1.61	1.85
50 dz/ha Stroh	2.01	1.90	1.80	2.08	2.15	1.96	2.25	1.64	1.97
100 dz/ha Stroh	1.97	2.15	1.72	2.38	2.02	1.92	2.22	1.86	2.03
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.11	2.15	1.84	2.25	2.21	2.07	2.48	1.86	2.12
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	1.98	1.79	1.95	1.99	1.86	1.78	1.67	1.70	1.84
Gründüngung	2.05	1.69	1.69	2.06	1.99	1.90	2.10	1.62	1.76
50 dz/ha Stroh	2.01	1.90	1.87	2.03	2.14	1.92	2.25	1.79	1.98
100 dz/ha Stroh	2.12	1.97	2.17	2.18	2.32	2.15	2.37	1.93	2.15
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	1.96	2.02	1.97	2.37	2.36	2.16	2.30	1.84	2.12
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	1.91	1.79	1.86	2.06	2.02	1.90	1.76	1.69	1.74
Gründüngung	1.99	2.19	1.82	2.20	2.05	1.91	2.15	1.75	2.00
50 dz/ha Stroh	2.07	2.14	1.84	2.15	1.94	1.92	2.02	1.81	1.98
100 dz/ha Stroh	2.06	2.18	2.08	2.30	2.38	1.98	2.53	1.90	2.17
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.06	1.91	2.01	2.11	2.08	1.69	2.39	1.83	2.01
Mittelwert $\bar{x}$	1.94	1.93	1.90	2.12	2.06	1.91	2.12	1.77	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage				Mittelwert $\bar{x}$
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.	BU 49 24.10.	
N ₀										
Kontrolle	2.08	1.98	1.34	1.21	1.66	2.30	2.35	1.52	1.80	1.80
Gründüngung	2.26	2.11	1.20	-	2.03	2.33	2.36	1.60	1.74	1.95
50 dz/ha Stroh	2.19	2.00	1.49	1.30	2.13	2.55	2.26	1.57	1.70	1.91
100 dz/ha Stroh	2.27	2.12	1.65	1.40	2.15	2.61	2.17	1.92	1.98	2.03
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.38	2.25	1.63	1.32	2.22	2.29	2.40	1.79	1.58	1.98
N ₇₅										
Kontrolle	2.14	2.15	1.16	1.19	2.03	2.21	2.25	1.75	1.75	1.84
Gründüngung	2.29	2.10	1.18	1.08	2.02	2.12	2.28	1.69	1.83	1.84
50 dz/ha Stroh	2.22	2.08	1.57	1.28	2.15	2.12	2.69	1.87	1.79	1.97
100 dz/ha Stroh	2.52	2.25	1.85	1.50	2.05	2.31	2.61	1.90	1.89	2.09
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	2.61	2.09	1.60	1.45	2.17	1.91	2.84	1.86	1.72	1.91
Mittelwert $\bar{x}$	2.29	2.11	1.46	1.30	2.06	2.27	2.42	1.74	1.77	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				Mittelwert $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	0.251	0.272	0.211	0.270	0.265	0.270	0.265	0.264	0.258
Gründüngung	0.252	0.275	0.234	0.276	0.261	0.261	0.269	0.262	0.261
50 dz/ha Stroh	0.257	0.278	0.242	0.275	0.272	0.293	0.251	0.304	0.271
100 dz/ha Stroh	0.270	0.310	0.234	0.275	0.300	0.270	0.302	0.303	0.283
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.277	0.287	0.199	0.268	0.316	0.295	0.317	0.311	0.283
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	0.248	0.272	0.201	0.248	0.285	0.263	0.250	0.261	0.253
Gründüngung	0.273	0.259	0.209	0.255	0.301	0.287	0.278	0.303	0.270
50 dz/ha Stroh	0.296	0.280	0.192	0.272	0.301	0.291	0.268	0.305	0.275
100 dz/ha Stroh	0.257	0.272	0.236	0.269	0.320	0.287	0.325	0.312	0.284
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.278	0.312	0.255	0.276	0.314	0.355	0.288	0.263	0.292
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	0.253	0.270	0.182	0.256	0.226	0.246	0.260	0.257	0.243
Gründüngung	0.286	0.268	0.215	0.285	0.293	0.272	0.304	0.310	0.279
50 dz/ha Stroh	0.235	0.253	0.207	0.286	0.304	0.292	0.273	0.327	0.272
100 dz/ha Stroh	0.260	0.306	0.293	0.272	0.304	0.292	0.285	0.279	0.286
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.287	0.286	0.255	0.286	0.326	0.281	0.313	0.350	0.298
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	0.226	-	0.257	0.285	0.287	0.226	0.277	0.268	0.260
Gründüngung	0.273	0.302	0.271	0.277	0.287	0.273	0.285	0.289	0.282
50 dz/ha Stroh	0.262	0.277	0.256	0.270	0.311	0.294	0.267	0.281	0.277
100 dz/ha Stroh	0.260	0.231	0.224	0.266	0.308	0.306	0.309	0.368	0.284
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.274	0.307	0.228	0.286	0.269	0.294	0.315	0.284	0.282
Mittelwert $\bar{x}$	0.263	0.279	0.230	0.272	0.292	0.282	0.285	0.295	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rautisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				Mittelwert $\bar{x}$	
	BU 41 17. 4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.		BU 49 24.10.
<u>N₀</u>										
Kontrolle	0.276	0.347	0.329	0.287	0.295	0.286	0.267	0.237	0.277	0.289
Gründüngung	0.311	0.309	0.306	0.301	0.318	0.270	0.324	0.220	0.245	0.289
50 dz/ha Stroh	0.292	0.301	0.338	0.296	0.308	0.286	0.258	0.254	0.250	0.287
100 dz/ha Stroh	0.295	0.354	0.348	0.304	0.331	0.266	0.295	0.303	0.280	0.308
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.306	0.337	0.365	0.275	0.337	0.281	0.239	0.277	0.254	0.296
<u>N₇₅</u>										
Kontrolle	0.319	0.331	0.325	0.310	0.322	0.302	0.283	0.241	0.242	0.297
Gründüngung	0.296	0.304	0.322	0.279	0.329	0.274	0.250	0.294	0.257	0.289
50 dz/ha Stroh	0.295	0.309	0.301	0.290	0.305	0.286	0.281	0.273	0.251	0.287
100 dz/ha Stroh	0.302	0.331	0.359	0.306	0.305	0.313	0.278	0.269	0.277	0.304
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.300	0.317	0.355	0.288	0.323	0.337	0.270	0.275	0.258	0.302
Mittelwert $\bar{x}$	0.299	0.324	0.334	0.293	0.317	0.290	0.274	0.264	0.259	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen. im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0,05
	BU 32 31,3.	BU 33 4,5.	BU 34 1,6.	BU 35 6,7.	BU 36 4,8.	BU 37 31,8.	BU 38 13,10.	BU 39 9,11.	
N ₀									
Kontrolle	0,763	0,734	0,761	0,755	0,730	0,763	0,725	0,758	0,017
Gründüngung	0,766	0,767	0,783	0,741	0,826	0,817	0,776	0,755	0,013
50 dz/ha Stroh	0,756	0,813	0,774	0,757	0,828	0,824	0,774	0,842	0,016
100 dz/ha Stroh	0,787	0,798	0,786	0,794	0,753	0,828	0,855	0,820	0,015
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0,732	0,790	0,790	0,839	0,807	0,841	0,810	0,841	0,012
N ₄₀									
Kontrolle	0,837	0,773	0,750	0,761	0,774	0,794	0,774	0,758	0,013
Gründüngung	0,742	0,755	0,746	0,735	0,842	0,851	0,827	0,897	0,012
50 dz/ha Stroh	0,769	0,730	0,867	0,778	0,786	0,809	0,823	0,814	0,015
100 dz/ha Stroh	0,853	0,820	0,870	0,802	0,867	0,846	0,869	0,895	0,014
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0,792	0,838	0,815	0,862	0,830	0,842	0,821	0,907	0,028
t-Wert P = 0,05	0,017	0,016	0,018	0,014	0,017	0,015	0,014	0,014	

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage				t-Wert P = 0.05
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.	BU 49 24.10.	
N ₀										
Kontrolle	0.758	0.819	0.778	0.804	0.793	0.782	0.807	0.655	0.713	0.063
Gründüngung	0.814	0.829	0.818	0.792	0.872	0.774	0.805	0.764	0.740	0.049
50 dz/ha Str.	0.783	0.819	0.829	0.789	0.877	0.744	0.814	0.713	0.718	0.026
100 dz/ha Str.	0.857	0.896	0.871	0.844	0.920	0.813	0.851	0.783	0.809	0.031
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.790	0.846	0.995	0.845	0.928	0.835	0.783	0.790	0.757	0.033
N ₇₅										
Kontrolle	0.814	0.807	0.826	0.833	0.865	0.783	0.788	0.741	0.804	0.050
Gründüngung	0.799	0.789	0.832	0.814	0.912	0.881	0.815	0.739	0.746	0.038
50 dz/ha Str.	0.788	0.824	0.804	0.841	0.856	0.835	0.769	0.736	0.789	0.058
100 dz/ha Str.	0.902	0.933	0.954	0.923	0.956	0.875	0.891	0.840	0.898	0.026
50 dz/ha Str. +	0.862	0.901	0.876	0.898	0.935	0.814	0.834	0.783	0.835	0.074
t - Wert P = 0.05	0.016	0.077	0.071	0.043	0.066	0.029	0.011	0.030	0.024	

Anhang 60: Gehalt an "Amid"-Stickstoff des Bodens (mg/g Boden) nach der Hydrolyse mit 6 n HCl im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage				t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.		
N ₀										
Kontrolle	0.248	0.234	0.245	0.227	0.218	0.239	0.241	0.233	0.007	
Gründüngung	0.243	0.243	0.251	0.226	0.221	0.229	0.250	0.240	0.004	
50 dz/ha Stroh	0.251	0.249	0.247	0.232	0.210	0.238	0.230	0.281	0.005	
100 dz/ha Stroh	0.263	0.256	0.250	0.251	0.219	0.237	0.256	0.221	0.005	
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.230	0.249	0.249	0.231	0.217	0.237	0.256	0.242	0.005	
N ₄₀										
Kontrolle	0.236	0.240	0.264	0.211	0.230	0.238	0.232	0.243	0.004	
Gründüngung	0.243	0.236	0.247	0.227	0.241	0.237	0.243	0.253	0.004	
50 dz/ha Stroh	0.258	0.248	0.263	0.232	0.219	0.249	0.237	0.267	0.005	
100 dz/ha Stroh	0.265	0.256	0.251	0.236	0.206	0.257	0.266	0.239	0.005	
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.239	0.253	0.242	0.244	0.232	0.261	0.256	0.294	0.005	
t-Wert P = 0.05	0.004	0.007	0.002	0.005	0.004	0.005	0.006	0.005		

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0,05	
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.		BU 49 24.10.
N ₀										
Kontrolle	0.227	0.294	0.263	0.251	0.262	0.251	0.247	0.218	0.239	0.020
Gründüngung	0.247	0.283	0.289	0.247	0.265	0.239	0.254	0.241	0.250	0.031
50 dz/ha Str.	0.237	0.286	0.295	0.227	0.285	0.246	0.255	0.229	0.233	0.008
100 dz/ha Str.	0.241	0.295	0.298	0.258	0.288	0.245	0.221	0.249	0.237	0.015
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.257	0.290	0.302	0.273	0.271	0.236	0.236	0.245	0.227	0.017
N ₇₅										
Kontrolle	0.233	0.288	0.291	0.261	0.262	0.239	0.231	0.235	0.247	0.025
Gründüngung	0.232	0.296	0.293	0.262	0.263	0.243	0.256	0.242	0.247	0.032
50 dz/ha Str.	0.233	0.278	0.283	0.254	0.293	0.256	0.232	0.276	0.225	0.006
100 dz/ha Str.	0.262	0.314	0.310	0.261	0.298	0.262	0.259	0.252	0.254	0.035
50 dz/ha Str.	0.261	0.300	0.300	0.260	0.291	0.225	0.243	0.254	0.246	0.035
t-Wert P = 0.05	0.012	0.025	0.053	0.018	0.025	0.020	0.006	0.011	0.012	

Anhang 62: Anteil des "Amid"- Stickstoffs in % von hydrolysierbarem Stickstoff des Bodens nach der Hydrolyse mit 6 n HCl im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

4.2.8.2

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				Mittelwerte $\bar{x}$
	BU 32	BU 33	BU 34	BU 35	BU 36	BU 37	BU 38	BU 39	
	31.3	4.5.	1.6.	6.7.	4.8.	31.8.	13.10.	9.11.	
N_0									
Kontrolle	32.5	31.9	32.2	30.0	29.8	31.2	33.2	30.7	31.4
Gründüngung	31.7	31.7	32.1	30.5	26.8	28.0	32.2	31.8	30.4
50 dz/ha Stroh	33.2	30.6	31.9	30.6	25.4	28.9	29.7	33.3	30.4
100 dz/ha Stroh	33.4	32.0	31.9	31.6	29.0	28.7	29.9	27.0	30.4
50 dz/ha Stroh+ Gründüngung	31.4	31.5	31.5	27.5	26.9	28.2	31.5	28.8	29.6
N_{40}									
Kontrolle	28.2	31.0	35.3	27.7	29.8	29.9	30.0	32.0	30.4
Gründüngung	32.7	31.3	33.1	30.9	28.6	27.8	29.4	28.2	30.2
50 dz/ha Stroh	33.5	30.6	30.3	29.8	27.8	30.7	28.8	32.6	30.5
100 dz/ha Stroh	31.1	32.0	28.8	29.4	23.7	30.3	30.6	26.7	29.0
50 dz/ha Stroh +	30.2	30.2	29.7	28.3	27.9	30.9	31.2	32.4	30.0
Mittelwerte $\bar{x}$	31.7	31.2	31.6	29.6	27.5	29.4	30.6	30.3	

Ahnang 63: Anteil des "Amid"-Stickstoffs in % von hydrolysierbarem Stickstoff des Bodens nach der Hydrolyse mit 6 n HCl im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Ravisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			Mittelwerte $\bar{x}$
	BU 41	BU 42	BU 43	BU 44	BU 45	BU 46	BU 47	BU 48	BU 49
	17.4.	16.5.	6.6.	27.6.	18.7.	8.8.	29.8.	26.9.	24.10.
N₀									
Kontrolle	29.9	35.9	33.9	31.2	33.1	32.1	30.6	33.3	33.4
Gründüngung	30.4	34.2	35.3	31.1	30.3	30.9	31.6	31.5	33.7
50 dz/ha Stroh	30.3	34.9	35.6	28.8	32.5	33.0	31.3	32.1	32.5
100 dz/ha Stroh	28.1	32.9	34.2	30.6	31.2	30.1	26.0	31.8	29.3
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	32.6	34.3	30.4	32.3	29.1	28.3	30.1	31.0	30.0
									30.9
N₇₅									
Kontrolle	28.6	35.7	35.3	31.3	30.3	30.6	29.3	31.7	30.7
Gründüngung	29.1	37.5	35.2	32.2	28.9	27.6	31.4	32.8	33.0
50 dz/ha Stroh	29.5	33.7	35.2	30.2	34.2	30.7	30.2	37.5	28.5
100 dz/ha Stroh	29.1	33.6	32.5	28.2	31.2	30.0	29.1	30.0	28.2
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	30.3	33.3	34.3	28.9	31.1	27.7	29.2	32.4	29.5
									30.7
Mittelwerte $\bar{x}$	29.7	34.6	34.1	30.4	31.1	30.1	29.8	32.4	30.8

Anhang 64: Gehalt an Hexosamin-Stickstoff des Bodens (mg/g Boden) nach der Hydrolyse mit 6 n HCl im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

4.2.8.3

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Raulisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			Mittelwerte $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
N_0									
Kontrolle	0.057	0.060	0.049	0.033	0.062	0.054	0.072	0.063	0.056
Gründüngung	0.070	0.070	0.047	0.041	0.071	0.075	0.056	0.048	0.059
50 dz/ha Stroh	0.065	0.074	0.066	0.060	0.087	0.069	0.064	0.054	0.067
100 dz/ha Stroh	0.054	0.072	0.062	0.025	0.080	0.072	0.068	0.093	0.065
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.064	0.070	0.065	0.026	0.081	0.072	0.059	0.073	0.063
N_{40}									
Kontrolle	0.065	0.060	0.049	0.052	0.059	0.064	0.080	0.052	0.060
Gründüngung	0.065	0.076	0.063	0.035	0.049	0.067	0.056	0.059	0.058
50 dz/ha Stroh	0.056	0.073	0.053	0.047	0.088	0.063	0.074	0.060	0.064
100 dz/ha Stroh	0.064	0.070	0.079	0.044	0.108	0.075	0.066	0.071	0.072
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.087	0.069	0.089	0.034	0.077	0.073	0.057	0.056	0.067
Mittelwerte $\bar{x}$	0.064	0.069	0.062	0.039	0.076	0.068	0.065	0.062	

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage				Mittelwerte $\bar{x}$
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.	BU 49 24.10.	
<u>N₀</u>										
Kontrolle	0.067	0.048	0.103	0.066	0.067	0.069	0.064	0.063	0.052	0.066
Gründüngung	0.077	0.058	0.040	0.075	0.070	0.063	0.055	0.056	0.049	0.060
50 dz/ha Stroh	0.072	0.047	0.039	0.084	0.061	0.061	0.061	0.067	0.057	0.061
100 dz/ha Stroh	0.077	0.053	0.051	0.082	0.074	0.074	0.105	0.071	0.071	0.073
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.073	0.048	0.041	0.072	0.075	0.087	0.088	0.069	0.044	0.066
<u>N₇₅</u>										
Kontrolle	0.083	0.058	0.046	0.074	0.111	0.087	0.094	0.056	0.056	0.073
Gründüngung	0.087	0.034	0.045	0.071	0.081	0.078	0.050	0.052	0.055	0.061
50 dz/ha Stroh	0.076	0.064	0.050	0.079	0.063	0.053	0.084	0.022	0.063	0.061
100 dz/ha Stroh	0.064	0.048	0.062	0.100	0.075	0.065	0.067	0.070	0.070	0.069
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.072	0.042	0.030	0.089	0.076	0.086	0.070	0.064	0.064	0.065
Mittelwerte $\bar{x}$	0.074	0.050	0.050	0.079	0.075	0.072	0.073	0.059	0.058	

Anhang 66: Gehalt an α -Amino-Stickstoff des Bodens (mg/g Boden) nach der Hydrolyse mit 6 n HCl im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und von der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				Mittelwerte $\bar{x}$
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	0.152	0.157	0.079	0.184	0.188	0.164	0.170	0.185	0.159
Gründüngung	0.157	0.166	0.159	0.165	0.171	0.172	0.196	0.187	0.171
50 dz/ha Stroh	0.142	0.162	0.155	0.156	0.179	0.167	0.237	0.173	0.171
100 dz/ha Stroh	0.160	0.176	0.169	0.207	0.185	0.178	0.229	0.192	0.187
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.175	0.176	0.184	0.232	0.190	0.170	0.190	0.179	0.187
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	0.162	0.163	0.158	0.200	0.182	0.182	0.189	0.182	0.177
Gründüngung	0.177	0.160	0.146	0.187	0.193	0.177	0.239	0.185	0.183
50 dz/ha Stroh	0.174	0.158	0.179	0.201	0.181	0.188	0.212	0.185	0.184
100 dz/ha Stroh	0.214	0.196	0.171	0.219	0.200	0.186	0.215	0.214	0.201
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.195	0.176	0.184	0.248	0.238	0.185	0.221	0.227	0.209
Mittelwerte $\bar{x}$	0.170	0.169	0.158	0.199	0.190	0.176	0.209	0.190	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				Mittelwert x̄	
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.		BU 49 24.10.
<u>N₀</u>										
Kontrolle	0.185	0.163	0.094	0.188	0.176	0.185	0.190	0.171	0.179	0.170
Gründüngung	0.151	0.165	0.185	0.175	0.178	0.185	0.181	0.184	0.182	0.176
50 dz/ha Stroh	0.171	0.169	0.187	0.190	0.191	0.206	0.189	0.190	0.191	0.187
100 dz/ha Stroh	0.179	0.210	0.182	0.196	0.196	0.220	0.225	0.206	0.210	0.202
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.189	0.204	0.186	0.193	0.169	0.212	0.241	0.180	0.207	0.197
<u>N₇₅</u>										
Kontrolle	0.163	0.169	0.191	0.178	0.136	0.176	0.188	0.180	0.183	0.173
Gründüngung	0.168	0.180	0.193	0.184	0.199	0.177	0.194	0.182	0.193	0.185
50 dz/ha Stroh	0.187	0.179	0.182	0.182	0.202	0.192	0.171	0.202	0.196	0.188
100 dz/ha Stroh	0.202	0.227	0.180	0.214	0.204	0.173	0.208	0.208	0.194	0.201
50 dz/ha Stroh + Gründüngung	0.174	0.212	0.206	0.166	0.191	0.196	0.198	0.202	0.202	0.194
Mittelwert x̄	0.176	0.187	0.178	0.186	0.184	0.192	0.198	0.190	0.193	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rausch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste.

Variante	Hauptvegetation				Herbstanlage				t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	2.23	2.36	2.21	2.18	2.22	2.53	2.17	2.37	0.34
Gründüngung	2.59	2.41	2.42	2.25	2.41	2.55	2.36	2.39	0.45
50 dz/ha Str.	2.49	2.59	2.50	2.43	2.50	2.85	2.67	2.58	0.73
100 dz/ha Str.	2.92	2.89	2.72	2.78	2.84	3.15	2.95	2.92	0.45
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	2.52	2.69	2.54	2.52	2.93	2.92	2.26	2.73	0.55
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	2.17	2.21	2.30	2.33	2.32	2.53	2.28	2.37	0.44
Gründüngung	2.37	2.49	2.47	2.27	2.43	2.79	2.45	2.46	0.37
50 dz/ha Str.	2.98	2.46	2.56	2.55	2.69	2.62	2.65	2.56	0.53
100 dz/ha Str.	2.95	2.94	2.77	2.84	2.95	3.22	2.91	3.05	0.45
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	2.22	2.96	2.64	2.66	2.76	3.00	2.74	2.82	0.69
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	2.27	2.36	2.37	2.36	2.51	2.45	2.31	2.42	0.44
Gründüngung	2.51	2.56	2.51	2.30	2.45	2.70	2.51	2.50	0.17
50 dz/ha Str.	2.71	2.91	2.71	2.62	2.61	2.85	2.65	2.62	0.40
100 dz/ha Str.	2.83	3.21	2.99	2.52	3.03	3.18	3.03	3.18	0.50
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	3.08	2.86	2.95	2.87	2.81	3.28	2.63	2.80	0.51
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	2.39	2.36	2.38	2.16	2.53	2.43	2.46	2.39	0.43
Gründüngung	2.47	2.56	2.55	2.26	2.53	2.63	2.53	2.44	0.53
50 dz/ha Str.	2.79	2.63	2.58	2.68	2.63	2.75	2.81	2.68	0.45
100 dz/ha Str.	3.11	3.11	2.95	2.71	2.91	3.27	3.31	3.03	0.47
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	2.66	2.79	2.80	2.87	2.73	2.94	3.08	2.75	0.59
t-Wert P = 0.05	0.67	0.35	0.39	0.30	0.41	0.65	0.25	0.43	

Dehydrogenaseaktivität (mg TPF/10 g Boden) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1971 zu Sommergerste

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			t-Wert P = 0.05
	BU 32 31.3.	BU 33 4.5.	BU 34 1.6.	BU 35 6.7.	BU 36 4.8.	BU 37 31.8.	BU 38 13.10.	BU 39 9.11.	
<u>N₀</u>									
Kontrolle	0.328	0.401	0.370	0.441	0.455	0.520	0.470	0.478	0.064
Gründüngung	0.242	0.479	0.387	0.569	0.482	0.462	0.541	0.620	0.078
50 dz/ha Str.	0.475	0.498	0.634	0.614	0.679	0.679	0.728	0.598	0.132
100 dz/ha Str.	0.571	0.635	0.656	0.650	0.682	0.870	0.587	0.805	0.053
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.541	0.622	0.792	0.795	0.666	0.616	0.416	0.767	0.086
<u>N₂₀</u>									
Kontrolle	0.220	0.385	0.417	0.299	0.518	0.507	0.453	0.520	0.048
Gründüngung	0.430	0.475	0.422	0.614	0.456	0.532	0.604	0.612	0.056
50 dz/ha Str.	0.511	0.529	0.641	0.619	0.714	0.782	0.589	0.641	0.178
100 dz/ha Str.	0.385	0.625	0.731	0.664	0.675	0.963	0.823	0.732	0.078
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.626	0.647	0.765	0.628	0.790	0.739	0.596	0.844	0.054
<u>N₄₀</u>									
Kontrolle	0.341	0.350	0.308	0.346	0.494	0.509	0.444	0.524	0.048
Gründüngung	0.319	0.444	0.426	0.603	0.509	0.524	0.824	0.668	0.061
50 dz/ha Str.	0.455	0.527	0.463	0.576	0.630	0.771	0.429	0.626	0.245
100 dz/ha Str.	0.501	0.647	0.655	0.655	0.793	0.892	0.613	0.822	0.081
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.544	0.651	0.494	0.782	0.777	0.746	0.811	0.838	0.029
<u>N₆₀</u>									
Kontrolle	0.396	0.404	0.440	0.444	0.524	0.568	0.428	0.546	0.057
Gründüngung	0.455	0.444	0.527	0.544	0.511	0.508	0.569	0.675	0.070
50 dz/ha Str.	0.528	0.541	0.655	0.638	0.672	0.801	0.631	0.686	0.072
100 dz/ha Str.	0.607	0.670	0.700	0.701	0.798	0.853	0.543	0.743	0.091
50 dz/ha Str.+ Gründüngung	0.653	0.660	0.856	0.797	0.873	0.848	0.784	0.814	0.125
t-Wert P = 0.05	0.057	0.052	0.233	0.105	0.119	0.094	0.097	0.038	

Anhang 70: Dehydrogenaseaktivität (mg TPF/10 g Boden) im Laufe der Vegetationsperiode in Abhängigkeit von der organischen Düngung und der Stickstoffdüngung.

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rauisch-Holzhausen im Institut für Biochemie des Bodens, FAL, 1972 zu Winterweizen.

4. 3. 1

Variante	Hauptvegetation					Herbstanlage			t-Wert P = 0,05	
	BU 41 17.4.	BU 42 16.5.	BU 43 6.6.	BU 44 27.6.	BU 45 18.7.	BU 46 8.8.	BU 47 29.8.	BU 48 26.9.		BU 49 24.10.
N ₀										
Kontrolle	0.376	0.313	0.305	0.407	0.254	0.412	0.265	0.465	0.291	0.047
Gründüngung	0.502	0.341	0.397	0.451	0.360	0.336	0.316	0.534	0.328	0.039
50 dz/ha Str.	0.519	0.397	0.457	0.559	0.477	0.433	0.455	0.382	0.309	0.029
100 dz/ha Str.	0.607	0.499	0.556	0.651	0.315	0.649	0.397	0.552	0.471	0.051
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.609	0.374	0.621	0.605	0.530	0.565	0.367	0.758	0.654	0.042
N ₇₅										
Kontrolle	0.480	0.344	0.410	0.451	0.260	0.496	0.311	0.391	0.458	0.036
Gründüngung	0.359	0.358	0.383	0.448	0.395	0.415	0.283	0.463	0.375	0.036
50 dz/ha Str.	0.417	0.349	0.572	0.703	0.506	0.562	0.435	0.415	0.373	0.030
100 dz/ha Str.	0.439	0.640	0.575	0.689	0.605	0.702	0.464	0.576	0.421	0.067
50 dz/ha Str. + Gründüngung	0.780	0.519	0.727	0.694	0.553	0.730	0.458	0.667	0.708	0.040
t-Wert P = 0,05	0.066	0.082	0.030	0.028	0.032	0.027	0.024	0.030	0.024	

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)",
Rauisch-Holzhausen, 1971 zu Sommer-Gerste.

Probe	Var.	IV Kontrolle	III Ölr.Gründg.	VII 50 dz Stroh	V 100 dz Stroh	VI 50 dz Stroh + GD
14. 4.		54,0	55,4	53,0	47,5	63,2
20. 4.		38,6	38,6	44,8	45,2	38,6
27. 4.		12,1	16,2	14,1	10,0	1,9
4. 5.		58,1	30,5	34,6	38,6	41,1
11. 5.		113,0	137,0	119,0	105,0	150,0
18. 5.		188,0	189,0	187,0	204,0	187,0
25. 5.		248,0	269,0	263,0	477,0	217,0
1. 6.		265,0	314,0	282,0	384,0	335,0
8. 6.		235,0	261,0	229,0	304,0	268,0
15. 6.		198,0	200,0	181,0	269,0	239,0
22. 6.		138,0	154,0	138,0	221,0	201,0
29. 6.		154,0	162,0	150,0	257,0	217,0
10. 7.		333,0	328,0	328,0	449,0	427,0
13. 7.		280,0	296,0	288,0	466,0	363,0
20. 7.		183,0	202,0	187,0	286,0	248,0
27. 7.		336,0	355,0	347,0	493,0	405,0
6. 8.		287,0	336,0	328,0	455,0	402,0
10. 8.		311,0	344,0	324,0	413,0	373,0
17. 8.		188,0	213,0	210,0	357,0	280,0
24. 8.		241,0	268,0	262,0	327,0	300,0

Herbstanlage						
31. 8.		105,0	143,0	135,0	249,0	169,0
7. 9.		144,0	164,0	166,0	187,0	173,0
16. 9.		92,2	113,0	108,0	125,0	118,0
22. 9.		91,1	121,0	124,0	168,0	139,0
29. 9.		80,8	98,0	89,5	92,1	85,9
6. 10.		99,9	90,6	90,2	102,0	98,0
12. 10.		98,7	112,0	95,9	104,0	99,1
19. 10.		77,7	80,9	80,1	87,8	81,3
26. 10.		72,8	76,0	72,7	76,8	81,5

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)",
Rauisch-Holzhausen, 1972 zu Winter - Weizen.

Probe	Var.	IV Kontrolle	III Ölr.Gründg.	VII 50 dz Stroh	V 100 dz Stroh	VI 50 dz Stroh + GD
18. 4.		75,2	83,9	82,8	135,1	111,8
24. 4.		38,4	92,8	78,2	46,1	40,0
2. 5.		101,3	135,4	164,3	186,2	160,2
8. 5.		133,1	137,1	153,9	176,8	148,2
16. 5.		147,4	192,5	265,1	281,3	147,4
24. 5.		207,5	248,2	326,9	258,7	239,3
30. 5.		181,6	168,0	185,9	247,0	197,5
5. 6.		310,3	265,3	288,2	352,8	302,1
13. 6.		206,7	212,8	209,0	213,8	211,6
19. 6.		165,6	179,6	135,2	169,0	224,5
26. 6.		201,3	204,7	251,5	257,4	282,7
3. 7.		187,6	184,7	166,5	164,1	179,8
11. 7.		167,5	172,3	162,4	167,0	150,2
17. 7.		180,6	211,3	281,1	235,5	258,2
24. 7.		139,4	252,2	282,9	329,7	289,3
1. 8.		148,4	211,3	246,5	293,9	259,6
7. 8.		116,5	149,2	243,2	284,1	258,8
14. 8.		192,6	211,3	254,7	306,2	271,0
22. 8.		199,6	263,0	299,7	361,0	322,6
28. 8.		88,0	116,5	138,2	160,0	147,3

Herbstanlage

7. 9.	54,8	76,9	107,3	133,3	154,1
15. 9.	28,9	46,1	94,2	88,1	109,1
19. 9.	23,9	22,3	22,3	73,3	38,0
25. 9.	22,3	24,7	18,0	26,3	21,7
2. 10.	51,8	46,4	26,3	48,3	36,3
9. 10.	46,9	53,9	78,1	82,6	48,3
17. 10.	30,2	50,3	50,7	64,8	32,1
23. 10.	22,6	21,3	19,7	45,3	40,7

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)",
Rauisch-Holzhausen, 1971 zu Sommergerste

Var.	IV				III				VII				V				VI			
	Kontrolle				Ölrettich				50 dz/ha Stroh				100 dz/ha Stroh				50 dz/ha Stroh + 50 N			
Probe					+ 50 N				+ 50 N				+ 100 N				+ Ölrettich			
mm Krümel	5	2	1	0,25	5	2	1	0,25	5	2	1	0,25	5	2	1	0,25	5	2	1	0,25
11. 5. N ₀	2,84	3,96	2,84	45,1	4,76	4,41	2,70	39,4	8,06	6,06	3,38	44,4	8,77	6,03	3,20	45,9	2,84	3,96	2,84	45,1
N ₂₀	3,37	4,03	2,32	42,4	1,46	3,32	2,48	44,2	9,71	4,71	2,77	43,4	3,88	5,04	3,11	44,5	3,37	3,83	2,32	42,4
N ₄₀	1,52	2,36	1,56	41,0	2,31	3,10	1,88	40,1	6,61	5,27	3,26	48,8	5,72	4,81	3,16	46,1	1,52	2,36	1,56	40,9
N ₆₀	1,03	2,14	1,55	40,4	1,06	2,46	1,69	40,1	4,38	3,90	2,21	45,0	3,89	3,94	2,30	42,4	1,03	2,14	1,55	40,4
M	2,19	3,12	2,07	42,2	2,40	3,32	2,19	41,0	7,19	4,99	2,91	45,4	5,57	4,96	2,94	44,7	2,19	3,07	2,07	42,2
1. 6. N ₀	0,86	1,85	1,77	59,2	2,15	2,93	4,07	71,0	3,65	3,39	2,15	61,0	3,02	4,15	3,06	58,5	6,89	5,57	2,89	58,7
N ₂₀	0,24	1,11	1,97	62,2	0,77	1,88	1,72	66,7	3,90	4,44	3,03	59,1	3,24	3,81	2,28	59,9	5,49	5,48	2,94	59,6
N ₄₀	0,29	0,89	1,12	58,4	1,52	2,91	2,81	65,4	2,73	3,37	2,43	61,2	3,59	4,64	2,57	58,6	7,56	6,32	3,86	60,0
N ₆₀	1,45	1,19	1,10	55,8	0,36	2,15	2,19	60,3	2,79	2,55	1,91	59,2	2,96	3,67	2,23	57,3	5,81	4,88	2,94	58,6
M	0,71	1,26	1,49	58,9	1,20	2,47	2,70	65,9	3,02	3,44	2,38	60,1	3,20	4,07	2,54	58,6	6,44	6,56	3,16	59,2
6. 7. N ₀	4,46	4,41	2,54	55,1	9,03	6,77	3,17	51,1	9,12	7,27	3,28	50,5	3,36	4,61	3,48	54,9	13,4	8,36	3,93	48,3
N ₂₀	2,09	3,17	2,14	55,3	5,49	4,33	2,81	54,7	4,56	4,49	2,57	58,9	8,24	5,58	3,49	54,5	10,0	5,62	3,25	51,3
N ₄₀	2,20	2,89	2,10	57,4	3,92	3,66	2,43	56,1	4,03	4,46	2,94	59,8	4,82	5,82	3,21	56,8	8,81	5,26	2,90	53,5
N ₆₀	2,82	3,39	2,29	55,5	2,25	3,55	2,45	58,5	3,09	3,89	2,39	53,2	3,56	3,46	2,56	54,9	6,44	4,46	2,73	56,3
M	2,89	3,47	2,27	55,8	5,17	4,58	2,72	55,1	5,20	5,03	2,80	55,6	5,00	4,87	3,19	55,3	9,66	5,93	3,20	52,4

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)",
Ravisch-Holzhausen, 1971 zu Sommergerste

M	2,15	3,01	1,54	41,2	3,86	4,32	2,10	38,5	3,60	3,61	1,87	45,2	5,81	4,52	2,23	41,4	6,10	5,45	2,37	42,2
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)",
Rauisch-Holzhausen, 1972 zu Winter-Weizen.

Probe	mm Krümel	Var.		IV		III		VII		V		VI									
		Kontrolle		Ölrettich + 50 N		50 dz/ha Stroh + 50 N		100dz/ha Stroh+ 100 N		50 dz/ha Stroh + 50 N + Ölrettich											
		5	2	1	0,25	5	2	1	0,25	5	2	1	0,25								
17. 4.	N ₀	2,29	2,99	2,41	43,4	3,53	3,56	2,59	41,3	2,60	2,78	2,02	43,4	2,63	3,08	2,00	42,1	5,02	4,84	2,74	44,7
	N ₇₅	1,35	1,67	1,43	41,7	2,23	2,30	1,72	41,7	1,70	2,48	1,72	43,9	2,12	2,46	2,16	44,3	3,84	2,92	2,08	43,1
	M	1,82	2,33	1,92	42,6	2,88	2,93	2,16	41,5	2,15	2,63	1,87	43,7	2,38	2,77	2,08	43,2	4,43	3,88	2,41	43,9
16. 5.	N ₀	3,46	3,50	2,22	40,0	3,70	3,28	2,02	39,5	2,70	2,84	1,58	41,2	4,18	3,40	2,22	41,7	5,18	3,88	2,14	43,1
	N ₇₅	2,92	1,96	1,60	41,1	1,36	2,32	2,36	41,8	1,22	1,96	1,62	46,8	1,48	2,92	1,86	44,1	4,36	3,20	2,04	44,8
	M	3,19	2,73	1,91	40,6	2,53	2,80	2,19	40,7	1,96	2,40	1,60	44,0	2,83	3,16	2,04	42,9	4,77	3,54	2,09	44,0
6. 6.	N ₀	11,31	5,19	2,91	36,6	11,44	5,55	2,88	35,5	8,26	4,78	2,63	37,9	8,08	4,90	2,71	40,9	16,52	6,16	3,42	40,1
	N ₇₅	3,26	3,34	2,03	39,5	4,09	3,33	2,02	43,6	3,93	3,41	2,15	41,3	4,14	3,46	2,14	42,3	6,37	4,78	2,59	43,4
	M	7,29	4,27	2,47	38,1	7,77	4,44	2,45	39,6	6,10	4,10	2,39	39,6	6,11	4,18	2,43	41,6	11,45	5,47	3,01	41,8
27. 6.	N ₀	14,66	5,70	3,20	42,3	10,38	5,62	2,80	36,6	12,76	5,04	2,82	37,9	13,32	4,88	3,02	40,2	13,68	5,76	2,86	37,9
	N ₇₅	6,58	3,78	2,32	40,1	6,46	4,18	2,18	39,4	5,50	3,98	2,38	42,0	4,58	4,20	2,52	44,3	8,46	4,20	2,34	42,5
	M	10,62	4,74	2,76	41,2	8,42	4,90	2,49	38,0	9,13	4,51	2,60	40,0	8,95	4,54	2,77	42,3	11,07	4,98	2,60	40,2

Probe	mm Krümel	Var.		IV		III		Vlll		V		VI									
		Kontrolle		Ölrettich + 50 N		50 dz/ha Stroh + 50 N		100 dz/ha Stroh + 100 N		50 dz/ha Stroh + 50 N + Ölrettich											
		5	2	1	0,25	5	2	1	0,25	5	2	1	0,25								
18.7.	N ₀	9,80	4,92	2,70	38,1	14,76	6,30	3,02	35,7	11,90	4,60	2,46	36,2	13,36	5,12	3,22	37,5	21,42	7,40	3,40	36,6
	N ₇₅	9,06	3,90	1,90	37,9	5,92	3,90	2,12	40,2	6,50	3,74	2,22	41,1	5,94	2,88	2,30	41,4	14,24	5,66	3,02	41,9
	M	9,43	4,41	2,30	38,0	10,34	5,10	2,57	38,0	9,20	4,17	2,34	38,7	9,65	4,00	2,76	39,5	17,83	6,53	3,21	39,3
9.8.	N ₀	7,68	5,28	2,66	35,6	10,84	6,38	2,76	37,1	9,94	4,64	2,56	39,5	11,44	6,74	3,64	40,7	16,28	6,68	3,24	39,2
	N ₇₅	7,12	5,56	2,80	41,6	6,12	4,04	2,32	39,7	5,00	4,16	2,44	42,5	4,34	3,78	2,26	42,3	10,26	5,48	2,94	44,3
	M	7,40	5,42	2,73	38,6	8,48	5,21	2,54	38,4	7,47	4,40	2,50	41,0	7,89	5,26	2,95	41,5	13,27	6,08	3,07	41,8
29.8.	N ₀	6,94	4,38	2,20	39,2	10,16	5,08	2,52	38,5	9,78	4,42	2,78	40,7	6,68	4,76	2,62	38,5	10,32	5,44	3,22	41,4
	N ₇₅	3,70	2,90	1,94	39,5	3,80	2,92	1,96	39,4	2,64	2,70	1,66	39,2	3,34	3,18	2,06	43,6	4,82	3,38	2,16	40,2
	M	5,32	3,64	2,07	39,4	6,98	4,00	2,24	39,0	6,21	3,56	2,22	40,0	5,01	3,97	2,34	41,1	7,57	4,41	2,69	40,8
26.9.	N ₀	3,48	3,26	1,60	36,4	4,58	4,64	2,20	39,3	6,04	4,04	2,22	35,2	6,02	3,56	2,22	37,8	6,72	4,02	2,24	26,8
	N ₇₅	2,88	2,42	1,46	37,8	1,26	2,48	1,38	35,8	1,76	1,76	1,16	31,4	2,82	2,54	1,50	36,4	3,28	2,74	1,68	38,3
	M	3,18	2,84	1,53	37,1	2,92	3,56	1,79	37,6	3,90	2,90	1,69	33,3	4,42	3,05	1,86	37,1	5,00	3,33	1,96	32,6
24.10.	N ₀	3,82	3,20	1,76	34,3	3,04	3,24	1,92	32,9	6,10	4,12	1,96	37,4	6,88	3,74	2,04	35,7	5,36	4,68	2,06	33,6
	N ₇₅	1,82	2,16	1,38	35,4	1,68	2,10	1,24	35,7	2,38	2,14	1,66	35,2	2,04	2,62	1,84	36,4	4,50	3,20	1,76	37,0
	M	2,82	2,68	1,57	34,9	2,36	2,67	1,58	34,3	4,24	3,13	1,81	36,3	4,46	3,18	1,94	36,1	4,93	3,94	1,91	35,3

Auswertung eines Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Rautisch-Holzhausen, 1971 zu Sommer-Gerste.

Tiefe in cm	1000			1200			1400			1600			M			M		
	8	15	20	8	15	20	8	15	20	8	15	20	8	15	20	8	15	20
20. 4.	9,8	8,0	8,0	12,0	10,0	8,5	14,0	11,1	9,0	14,0	12,0	9,8	12,5	10,3	8,8	10,5		
27. 4.	4,0	4,8	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,1	5,0	4,0	5,0	5,0	4,5	5,0	5,0	4,8		
4. 5.	9,0	6,8	6,0	12,0	9,2	7,0	15,0	11,0	8,1	15,1	12,1	9,5	12,8	9,8	7,7	10,1		
11. 5.	14,8	12,9	12,0	18,8	15,0	13,0	21,2	17,0	14,2	21,0	18,0	15,1	19,0	15,7	13,6	16,1		
25. 5.	12,5	12,5	13,0	13,5	13,0	13,0	15,0	14,0	13,0	15,5	14,5	13,5	14,1	13,5	13,1	13,5		
1. 6.	14,0	13,0	13,0	15,0	14,0	13,5	17,0	15,0	17,0	17,5	16,0	14,5	15,9	14,5	13,8	14,7		
8. 6.	14,8	14,5	14,0	15,0	14,8	14,0	15,5	15,0	14,2	16,0	15,2	14,5	15,3	14,9	14,2	14,8		
15. 6.	13,0	11,9	12,5	13,0	12,0	12,5	13,5	12,0	12,5	14,0	12,2	13,0	13,4	12,0	12,6	12,6		
22. 6.	11,5	11,5	11,5	11,8	11,5	11,5	12,5	12,0	11,8	13,0	12,5	12,0	12,2	11,9	11,7	11,9		
29. 6.	11,0	11,0	11,0	11,5	11,5	11,2	12,0	12,0	11,4	12,5	12,0	11,3	11,8	11,6	11,2	11,5		
10. 7.	16,3	16,0	15,6	17,5	17,0	16,0	18,0	17,5	16,5	19,2	18,0	16,8	17,8	17,1	16,2	17,0		
13. 7.	17,0	16,8	16,2	17,8	17,0	16,4	18,2	17,7	16,8	18,8	18,0	16,9	18,0	17,4	16,6	17,3		
20. 7.	14,0	13,9	13,8	15,1	14,8	14,0	15,8	15,2	14,0	15,9	15,1	14,2	15,2	14,8	14,0	14,6		
27. 7.	18,2	17,6	17,0	20,0	18,9	17,8	21,0	19,9	18,1	21,1	20,1	18,8	20,1	19,1	17,9	19,0		
6. 8.	16,0	16,0	16,0	17,0	17,0	16,2	18,0	17,5	16,5	19,0	18,0	17,0	17,5	17,1	16,4	17,0		
10. 8.	19,0	18,0	17,0	18,3	18,0	16,8	17,3	17,5	16,5	17,0	17,0	16,2	17,9	17,6	16,6	17,4		
17. 8.	13,8	14,0	14,5	15,0	15,0	14,9	16,0	15,8	15,1	16,2	16,2	15,6	15,3	15,3	15,0	15,2		
24. 8.	14,2	15,0	15,2	15,0	15,2	15,2	15,2	15,8	15,3	15,0	15,4	15,2	14,9	15,4	15,2	15,1		
7. 9.	11,5	12,5	13,5	14,5	13,8	13,5	17,0	15,0	14,0	18,3	16,2	15,0	15,3	14,4	13,9	14,5		
16. 9.	7,5	8,8	9,5	10,0	10,0	9,8	11,8	11,8	10,0	12,0	11,8	10,8	10,3	10,4	10,0	10,2		
22. 9.	10,5	10,8	11,0	13,8	12,4	12,0	17,0	14,0	13,0	18,0	15,8	13,8	14,8	13,3	12,5	13,5		
29. 9.	9,5	10,0	10,2	11,0	10,5	10,8	13,3	11,8	11,0	13,8	12,5	11,5	11,9	11,2	10,9	11,3		
6.10.	4,0	5,8	6,8	7,5	7,2	7,2	10,2	9,0	8,0	11,8	10,2	9,0	8,4	9,1	7,8	8,1		
12.10.	8,0	9,0	9,0	10,2	10,0	9,5	12,0	11,0	10,0	13,0	11,8	10,2	10,7	10,5	9,7	10,4		
19.10.	9,4	8,9	8,0	9,9	9,0	8,2	10,1	9,6	9,0	11,0	10,0	9,0	10,1	9,4	8,6	9,4		
26.10.	6,8	7,2	7,8	7,0	7,5	7,8	7,1	7,8	7,8	7,0	7,8	7,7	7,0	7,6	7,8	7,5		

Auswertung des Versuchs "Sandgrenzweg (4)" Raulisch-Holzhausen, 1972 zu Winterweizen.

Zeit	10 ⁰⁰				12 ⁰⁰				14 ⁰⁰				16 ⁰⁰				M		M
	Tiefe in cm	8	15	20	8	10	15	20	8	10	15	20	8	15	20	8	15	20	
5. 5.	8,5	8,5	8,5	8	8	10	9	8,5	10,5	10	9	11,5	10,5	9,5	10,1	9,5	8,8	9,5	8-20
15. 5.	6	6,8	6,8	6,5	6,5	6,5	7	6,5	7,5	7	7	6	7	7	6,5	7,0	6,8	6,8	
23. 5.	13	12	11,5	16	13	12	13	12	18	14,5	13	17	15	14	16,0	13,6	12,6	14,1	
1. 6.	10	9,5	9	11	10,5	9,5	12	11	12	11	10	12	12	10,5	11,3	10,8	9,8	10,6	
6. 6.	16,5	16	14,5	16,5	16	15	16	15	17,5	16,5	15	17	17	15	16,9	16,4	14,9	16,1	
14. 6.	10	10,5	9	12,5	11,5	10	15	13	15	13	11	15	14	12	13,1	12,3	10,5	12,0	
20. 6.	11,5	11,5	11	13	12	12	12	12	14	13	12,5	13,5	13	12,5	13,0	12,4	12,0	12,5	
27. 6.	15	13,5	13,5	18	15,5	14,5	21	18	21	18	16	20	18	17	18,5	16,3	15,3	16,7	
4. 7.	12	11	12,5	13	12	11,5	14	13	14	13	12	14	13,5	13	13,1	12,4	11,9	12,5	
12. 7.	13	12,5	13	16	14	14	18,5	16	15	16	15	18	16,5	15,5	16,4	14,8	14,4	15,2	
18. 7.	19	18	18	23	20	19	26	22	20,5	22	20,5	23	22	20,5	22,8	20,5	19,5	20,9	
26. 7.	16	16	16	17,5	17	17	19	18	17	18	17	18,5	18	17,5	17,8	17,3	16,9	17,3	
2. 8.	14	14	14	14,5	17	15	15	15	20	17,5	16	19	18	17	17,5	16,1	15,6	16,4	
8. 8.	17	16,5	17	20	18	17,5	21	19	21	19	18	21	20	19	19,8	18,4	17,9	18,7	
17. 8.	14	14	14	14,5	17	15	15	15	21	18	12	20	18,5	12	18,0	16,4	13,4	15,9	
13. 9.	8	8	8	9	9	9	9,5	10	10	10	10	10	11	10	9,3	9,6	9,8	9,6	
21. 9.	7	7	7	7,5	8	8	8,5	8	9	10,5	9	11	12,5	10	8,8	9,6	8,6	9,0	
28. 9.	6,5	7	7	7	7	7	8	7	8	9	8	8	9	8	7,4	8,3	7,5	7,7	
3. 10.	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	5	6	6,5	5,5	4,5	5,1	4,9	4,8	
10. 10.	5	5	5	6	6	6	6	6,5	7	8	6,5	7	8	7	6,3	6,8	6,5	6,5	
18. 10.	5	5	5	5	5	5	6	5	5,5	6	5	5	5,5	5	5,3	5,9	5,0	5,4	
24. 10.	5	5,5	5	5	5	5	6	5	5	6	5	5	6	5	5,0	5,9	5,0	5,3	

Die vorliegenden Untersuchungen sind von März 1971 bis März 1974 aufgrund eines freundlichen Übereinkommens zwischen Herrn Prof. Dr.Dr.h.c. E. v. Boguslawski, Gießen und Herrn Prof. Dr. W. Flaig, Braunschweig, im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus Liebig Universität Gießen und im Institut für Biochemie des Bodens der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode durchgeführt worden.

Beiden Herren danke ich für das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Dr.h.c. E. v. Boguslawski bin ich für die Überlassung des Themas sowie alle Mühe, Anregung und Förderung, die er mir zuteil werden ließ, zu besonderem Dank verpflichtet.

Herrn Prof. Dr. W. Flaig möchte ich für die Überlassung des Arbeitsplatzes, für seine Anleitung und seine Fürsorge danken.

Mein ganz besonderer Dank gilt dem Leiter des Arbeitsgebietes "Organische Chemie" des Instituts für Biochemie des Bodens, Herrn Dr. J.-Chr. Salfeld für die wertvollen Diskussionen, Beratungen und Anregungen, sowie die zur Verfügungstellung der verwendeten Datenverarbeitungsprogramme,

sowie dem Leiter des Arbeitsgebietes "Biochemie der Pflanze" des Instituts für Biochemie des Bodens, Herrn Prof. Dr. H. Söchtig für seine ständige Hilfsbereitschaft und Förderung im Laufe dieser Arbeit und für seine Mühe bei der Korrektur.

Mein Dank gilt ferner dem Leiter des Versuchsfeldes Rauisch-Holzhausen, Herrn Dr. J. Debruck für seine Hilfsbereitschaft, sowie allen Damen und Herren des Instituts für Biochemie des Bodens, besonders Fräulein Barbara Henschker und allen Damen und Herren des Versuchsfeldes Rauisch-Holzhausen.

Nicht zuletzt danke ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die zur Verfügung gestellten finanziellen Mittel.

Lebenslauf

Am 5. 3. 1942 wurde ich als Sohn des Offiziers Ahmad Sadat-Dastegheibi und seiner Ehefrau Khawar in Zahedan/Iran geboren.

1948 - 1955	Grundschule
1955 - 1962	Gymnasium mit Naturwissenschaftlichem Abitur
1963	Ankunft in Deutschland
1964	Goethe-Institut in Murnau
1965	Studienkolleg in München
1966	Immatrikulation im Sommersemester an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Justus Liebig Universität Gießen
1968	Landwirtschaftliches Praktikum im Sommersemester
1971	Diplomprüfung im März
1971	ab März Doktorand am Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus Liebig Universität Gießen und am Institut für Biochemie des Bodens der Forschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig-Völkenrode.

SOFORTDRUCK BRAUNSCHWEIG

SOFORTDRUCK BRAUNSCHWEIG